



ALIREZA ELMAKCHI
civil engineering group

گزارش کار طراحی عملکردی سازه – مهندس علیرضا المکچی



گزارش کار طراحی عملکردی سازه

تهیه کننده: مهندس علیرضا المکچی

کانال آموزش های مهندسی عمران

[@civil_engineering_learnings_AE](https://www.instagram.com/civil_engineering_learnings_AE)



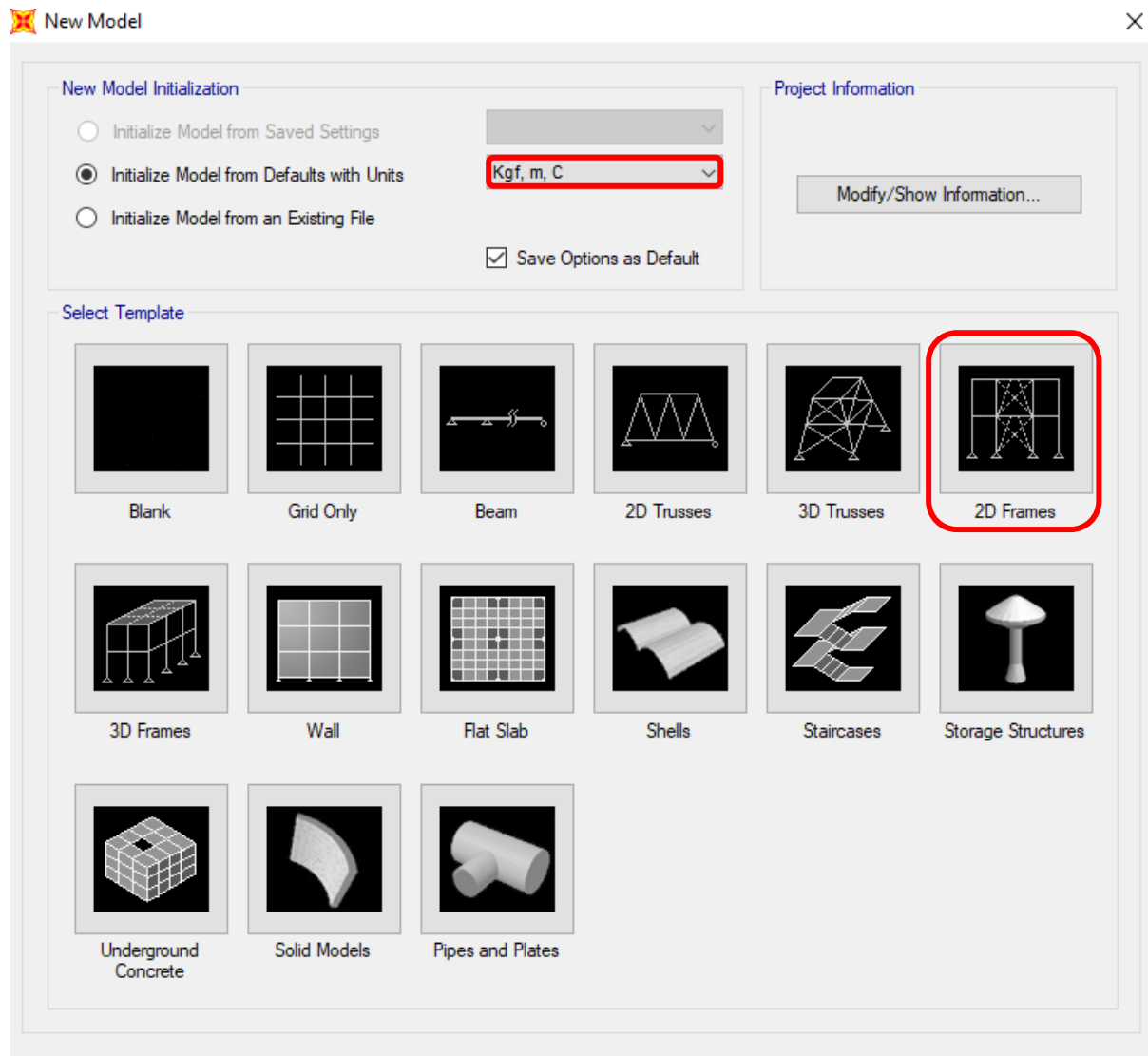
۱) تهیه مدل‌های اولیه با استفاده از نرم افزار SAP2000

۱-۱) کلیات مدلسازی

- تعداد طبقات: ۸ طبقه
- تعداد دهانه: ۴
- طول دهانه: ۳، ۴، ۵، ۶ متر
- ارتفاع طبقات: طبقه اول ۴ متر بقیه طبقات ۳/۲ متر
- شهر: جوانرود
- کاربری: مسکونی
- نوع زمین: IV
- سیستم باربر ثقلی: تیرچه و بلوک
- سیستم باربر جانبی: قاب خمشی با شکل پذیری معمولی، متوسط و ویژه



۲-۱) تنظیمات اولیه مدلسازی در نرم افزار



شکل ۱، تنظیمات اولیه نرم افزاری

✓ در این قسمت واحدها را بر روی سیستم متریک تنظیم کرده و برای مدلسازی از حالت قاب دو بعدی (2D Frames) استفاده کرده ایم.



۳-۱) مشخصات هندسه سازه‌ها

2D Frames

2D Frame Type
Portal

Portal Frame Dimensions
Number of Stories: 8
Number of Bays: 4
Story Height: 3.2
Bay Width: 3

☐ Use Custom Grid Spacing and Locate Origin Edit Grid...

Section Properties
Beams: Default
Columns: Default

☒ Restraints

OK Cancel

شکل ۳، مشخصات هندسه سازه

✓ گزینه Use Custom ... را می‌زنیم تا ابعاد دهانه‌ها را مطابق خواسته خودمان تنظیم نمائیم.



S Define Grid System Data

System Name CSYS1

X Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	3	Primary	Yes	End	
B	4	Primary	Yes	End	
C	5	Primary	Yes	End	
D	6	Primary	Yes	End	
E	0	Primary	Yes	End	

Y Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	

Z Grid Data

Grid ID	Spacing (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	4	Primary	Yes	End
Z2	3.2	Primary	Yes	End
Z3	3.2	Primary	Yes	End
Z4	3.2	Primary	Yes	End
Z5	3.2	Primary	Yes	End
Z6	3.2	Primary	Yes	End

Grid Lines

Quick Start...

Display Grids as

☐ Ordinates ☒ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

Bubble Size 0.75

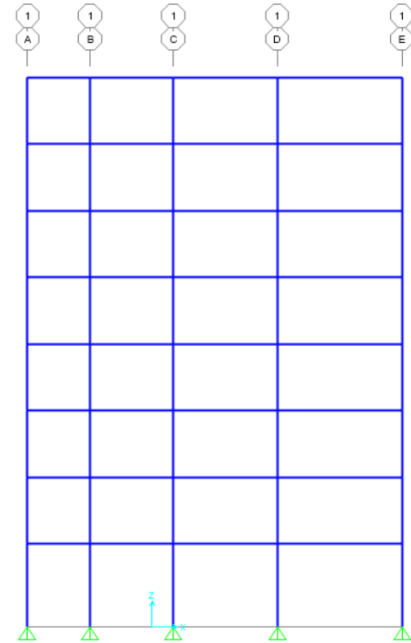
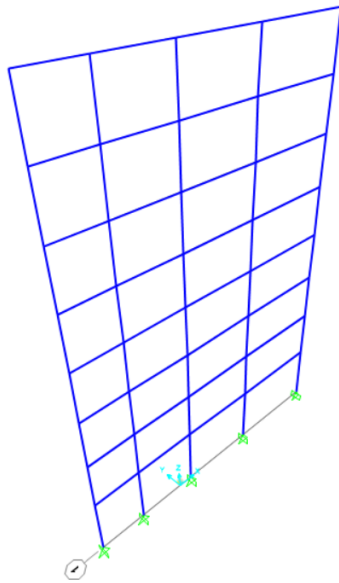
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

Locate System Origin...

OK Cancel

شکل ۴، تنظیمات هندسه سازه



شکل ۵، ساخت هندسه سازه طبقه

۴-۱) تعریف مصالح

برای سازه‌های بتن آرمه مصالح لازم بتن و میلگرد می‌باشد که مشخصات آن بصورت زیر می‌باشد.

➤ مشخصات بتن:

- وزن مخصوص بتن

۲۴۰۰	۳- بتن‌ها
۲۵۰۰	بتن با شن و ماسه معمولی
۱۷۵۰	بتن آرمه و بتن پیش تنیده با شن و ماسه معمولی
۶۰۰	بتن با سرباره کوره آهن گدازی
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن‌های سبک هوادار و گازی
۵۰۰ تا ۹۰۰ (بسته به نوع)	بتن با سنگ دانه سبک
۱۷۰۰	بتن اسفنجی
۱۳۰۰	بتن با خرده آجر
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن با پوکه معدنی و سیمان
	بتن با پوکه صنعتی و سیمان

شکل ۶، وزن مخصوص بتن طبق پیوست ۱ مبحث ۶ ویرایش ۹۸



$$W_c = 2500 \text{ Kgf/m}^3$$

- مدول الاستیسیته بتن

۶-۳-۹ مدول الاستیسیته بتن، E_c

۱-۶-۳-۹ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان از یکی از دو رابطه‌ی (۲-۳-۹-الف) و یا (۲-۳-۹-ب) محاسبه نمود:

ضریب الاستیسیته بتن‌های با چگالی بتن W_c بین ۱۴۴۰ و ۲۵۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب:

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (۲-۳-۹-الف)$$

رابطه فوق برای بتن‌های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (۲-۳-۹-ب)$$

شکل ۷، مدول الاستیسیته بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

✓ در این تحقیق مقدار مقاومت فشاری بتن (f'_c) را برابر ۲۵ مگاپاسکال در نظر خواهیم گرفت و مقدار

جرم واحد حجم بتن (W_c) را برابر ۲۵ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر خواهیم گرفت.

$$E_c = 0.043 \times 2500^{1.5} \times \sqrt{25} = 26875 \text{ Mpa} \cong 2.68 \times 10^4$$

✓ با توجه به اینکه ما در نرم افزار از سیستم واحد متریک استفاده کرده‌ایم لازم است مقدار فوق را به

واحد کیلوگرم نیرو بر متر مربع تبدیل نمائیم که برای این منظور کفایت مقدار فوق را در عدد 10^5

ضرب نمائیم.

$$E_c \cong 26800 \text{ Mpa} = 26800 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 = 2.68 \times 10^9 \text{ Kgf/m}^2$$



- نسبت پواسون

۷-۳-۹ ضریب پواسون بتن، ν

۱-۷-۳-۹ در بتن معمولی، ضریب پواسون را میتوان یا برابر با 0.2 فرض نمود؛ و یا مقدار آن را از طریق آزمایش‌های معتبر به دست آورد.

۲-۷-۳-۹ در بتن‌های سبک، ضریب پواسون باید بر اساس آزمایش تعیین شود.

شکل ۸، نسبت پواسون بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$U = \nu = 0.2$$

- ضریب انبساط حرارتی

۸-۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن

۱-۸-۳-۹ در بتن‌های معمولی، ضریب انبساط حرارتی را میتوان با توجه به نوع سنگ دانه‌ها و با تقریب ۲۰ درصد برابر با 10×10^{-6} در هر درجه‌ی سلسیوس منظور نمود.

۲-۸-۳-۹ در بتن‌های سبک، ضریب انبساط حرارتی را باید با توجه به نوع بتن سبک از طریق آزمایش به دست آورد.

شکل ۹، ضریب انبساط حرارتی بتن طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$A = 10 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

- مقاومت فشاری بتن

مقاومت فشاری بتن را برابر ۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته‌ایم.

$$f_c = 25 \text{ Mpa} = 25 \times 10^5 \text{ Kg/m}^2$$

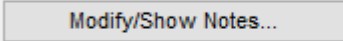


 **Material Property Data** ✕

General Data

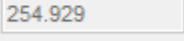
Material Name and Display Color: C25 

Material Type: Concrete 

Material Notes: 

Weight and Mass

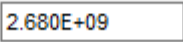
Weight per Unit Volume: 2500 

Mass per Unit Volume: 254.929 

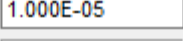
Units

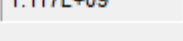
Kgf, m, C 

Isotropic Property Data

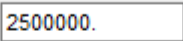
Modulus of Elasticity, E: 2.680E+09 

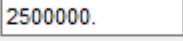
Poisson, U: 0.2 

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.000E-05 

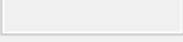
Shear Modulus, G: 1.117E+09 

Other Properties for Concrete Materials

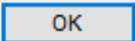
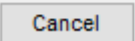
Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 2500000. 

Expected Concrete Compressive Strength: 2500000. 

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: 

☐ Switch To Advanced Property Display

شکل ۱۰، تعریف بتن در نرم افزار SAP2000



➤ مشخصات میلگرد

- وزن مخصوص

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱- فلزات	
آلومینیم	۲۷۰۰
آهن خام خاکستری	۷۲۰۰
آهن خام سفید	۷۷۰۰
چدن	۷۲۰۰
فولاد نرم	۷۸۵۰
سرب	۱۱۴۰۰
مس	۸۹۰۰
برنز	۸۵۰۰
روی	۷۲۰۰

شکل ۱۱، وزن مخصوص فولاد نرم طبق پیوست ۱ مبحث ۶ ویرایش ۹۲

$$W_{Rebar} = 7850 \text{ Kgf/m}^3$$

- مدول الاستیسیته میلگرد

۴-۸-۴-۹ مدول الاستیسیته، E_s ، برای آرماتورها برابر با ۲۰۰۰۰ مگاپاسکال است.

شکل ۱۲، مدول الاستیسیته فولاد (میلگرد) طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹

$$E_c \cong 2 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2 \times 10^{10} \text{ Kgf/m}^2$$



- ضریب انبساط حرارتی

۱۰-۲-۱۰-۶ انبساط و انقباض

برای تأمین شرایط بهره‌برداری مناسب، در محاسبه و طراحی سازه باید اثرات تغییرات دما به نحو موثری مورد توجه قرار گیرد. خرابی پوشش‌های نمای ساختمان می‌تواند ناشی از نفوذ آب بوده و به هوازدگی منتهی شود. در محاسبات، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر $10^{-6} \times 12$ به ازای هر درجه سلسیوس در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۱۳، ضریب انبساط حرارتی فولاد (میلگرد) طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲

- مشخصات مربوط به مقاومت میلگرد

جدول ۹-۴-۲ ویژگی‌های کششی آرماتورها

رده	علامت مشخصه	طبقه بندی از نظر شکل رویه	طبقه‌بندی از نظر شکل‌پذیری	مقاومت کششی حداقل، مگاپاسکال	تنش حد تسلیم برگر، مگاپاسکال		کرنش کسب‌کنندگی [۱]	
					حداقل	حداکثر	حداقل A_5	حداقل A_{10}
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	-	۲۵	۱۸
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	-	۱۸	۱۵
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵	۱۷ [۲]	-
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	-	۱۶	۱۲
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵	۱۶ [۲]	-
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	-	۱۰	۸
S500 C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	-	۱۲	-
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵	۱۳	-

شکل ۱۴، رده بندی میلگردهای مصرفی ساختمان طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹



✓ طبق توضیحات مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان ویرایش ۹۹ از میلگردهای S240 فقط می‌توان بعنوان دورپیچ در ستون‌های دایره‌ای استفاده نمود و در بقیه موارد استفاده از این میلگرد ممنوع می‌باشد و میلگرد S500 نیز میلگردی پرمقاومت بوده و در موارد خاصی معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد پس ما عمدتاً از دو نوع میلگردهای S340 و S400 استفاده خواهیم نمود که از میلگرد S340 بهتر است بعنوان خاموت یا میلگرد عرضی استفاده شود و میلگرد S400 نیز بعنوان میلگرد طولی در طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

$$S340 \begin{cases} F_y = 340 \text{ Mpa} = 340 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_u = 500 \text{ Mpa} = 500 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

$$S400 \begin{cases} F_y = 400 \text{ Mpa} = 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_u = 600 \text{ Mpa} = 600 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

✓ در تعریف میلگرد در نرم افزار دو پارامتر دیگر بنام مقاومت تسلیم مورد انتظار و مقاومت گسیختگی مورد انتظار نیز موجود است که این پارامتر در سازه‌های بتنی هنگامی که از قاب خمشی ویژه استفاده می‌شود از ضریب R_y در روابط استفاده می‌کنیم (برای محاسبه V_{pr} و M_{pr} در طراحی چشمه اتصال کاربرد دارند که نرم افزار بصورت خودکار از آنها استفاده می‌نماید).



۱۰-۳-۲-۳ ضریب R_y تولیدات فولاد

طبق تعریف، ضریب R_y عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، که به منظور در نظر گرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب R_y در محاسبات لرزه‌ای سازه‌های با شکل پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (۱۰-۳-۲)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم تعیین شده فولاد

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

شکل ۱۵، مفهوم ضریب R_y طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲

ضریب R_y اساساً برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی‌های به کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانجات بستگی دارد. مطابق مقررات این مبحث ضریب R_y باید به شرح جدول ۱۰-۳-۲ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۳-۲ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۳۰	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

شکل ۱۶، مقدار ضریب R_y طبق مبحث ۱۰ ویرایش ۹۲

$$S340 \begin{cases} F_{ye} = R_y F_y = 1.25 \times 340 \text{ Mpa} = 1.25 \times 340 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_{ue} = R_y F_u = 1.25 \times 400 \text{ Mpa} = 1.25 \times 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$

$$S400 \begin{cases} F_{ye} = R_y F_y = 1.25 \times 400 \text{ Mpa} = 1.25 \times 400 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \\ F_{ue} = R_y F_u = 1.25 \times 600 \text{ Mpa} = 1.25 \times 600 \times 10^5 \text{ Kgf/m}^2 \end{cases}$$



Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S340

Material Type: Rebar

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7850

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units

Kgf, m, C

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.0E+10

Poisson, U: 0.

Coefficient of Thermal Expansion, A: 12E-06

Shear Modulus, G: 0.

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 340E+5

Minimum Tensile Stress, Fu: 500E+5

Expected Yield Stress, Fye: 42500000

Expected Tensile Stress, Fue: 62500000

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

شکل ۱۷، تعریف میلگرد S340 در نرم افزار SAP2000

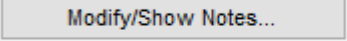


 Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color: S400 

Material Type: Rebar 

Material Notes: 

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7850.

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units

Kgf, m, C 

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.000E+10

Poisson, U: 0.

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.200E-05

Shear Modulus, G: 0.

Other Properties for Rebar Materials

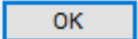
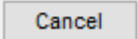
Minimum Yield Stress, Fy: 40000000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 60000000.

Expected Yield Stress, Fye: 50000000

Expected Tensile Stress, Fue: 75000000

☐ Switch To Advanced Property Display

شکل ۱۸، تعریف میلگرد S400 در نرم افزار SAP2000



۵-۱) تعریف مقاطع

با توجه به اینکه سیستم سازه‌ای مورد استفاده قاب خمشی می‌باشد نیاز به تعریف تیر و ستون در نرم افزار داریم که با توجه به اینکه نمی‌دانیم کدام مقاطع در طراحی جواب دهند یکسری مقاطع بعنوان پیش فرض تعریف نموده و سپس طراحی خواهیم نمود تا مقاطع نهایی سازی شوند و در قسمت زیر جزئیات تعریف یک نمونه تیر و یک نمونه ستون آورده شده است.

شکل ۱۹، ابعاد تیر



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + S400

Confinement Bars (Ties) + S340

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0.07

Bottom 0.07

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

شکل ۲۰، تعیین نوع آرماتورها و پوشش روی بتن (کاور)

✓ برای اینکه کاور را وارد نمائیم نرم افزار برای تیرها مقدار کاور را از مرکز میلگرد از ما می‌خواهد بنابراین برای تعیین مقدار آن بایستی مقدار کاور خالص طبق مبحث نهم را بعلاوه قطر خاموت و نصف قطر آرماتور طولی نمائیم.



جدول ۹-۱-۵ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها در شرایط محیطی خورنده
کلریدی به میلیمتر

نوع شرایط محیطی				نوع عضو
(۴) XCS4	(۳) XCS3 و XCD4	(۲) XCS2 و XCD2 و XCD3	(۱) XCS1 و XCD1	
۷۵	۶۰	۵۰	۴۵	تیرهای اصلی و ستونها
۶۰	۵۰	۴۰	۳۵	دالها و تیر فرعی و تیرچه
۷۵	۶۰	۵۰	۴۵	دیوارها
۵۵	۴۵	۳۵	۳۰	پوسته‌ها
۹۰	۷۵	۶۰	۵۰	شالوده‌ها

شکل ۲۱، مقدار کاور خالص طبق مبحث ۹ ویرایش ۹۹



Rectangular Section [X]

Section Name **Display Color** ■

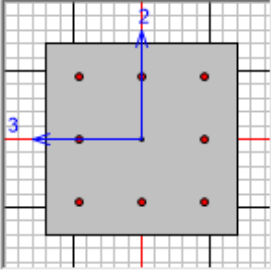
Section Notes

Dimensions

Depth (t3)

Width (t2)

Section



Material

Property Modifiers

Properties

شکل ۲۲، ابعاد ستون



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars S400

Confinement Bars (Ties) S340

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars

Number of Longit Bars Along 3-dir Face

Number of Longit Bars Along 2-dir Face

Longitudinal Bar Size 16d

Confinement Bars

Confinement Bar Size 10d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars

Number of Confinement Bars in 3-dir

Number of Confinement Bars in 2-dir

Check/Design

☒ Reinforcement to be Checked

☐ Reinforcement to be Designed

شکل ۲۳، آرماتورگذاری ستون



۶-۱) تعریف بارها

با توجه به اینکه طرح تحقیقی می‌باشد برای بارگذاری از بارهای مرده، زنده و زلزله استفاده خواهیم نمود و از سایر بارها نظیر بارهای برف، باد، زنده کاهش یافته، تیغه بندی و ... صرف نظر خواهیم نمود.

بارهای مرده برای سقف‌ها و دیوارهای پیرامونی لازم است که مقدار یک متر مربع آن با توجه به عرض دتایل‌های موجود برای سقف برابر ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	Dead	1	
DEAD	Dead	1	
Live	Live	0	
EX	Quake	0	
Explode	Other	0	

شکل ۲۴، الگوهای بار تعریف شده

✓ بار Explode به منظور باز انفجار تعریف شده است که در ادامه معرفی شده است.



- مقدار ضریب زلزله (C) و ضریب توزیع برش پایه (K)

محاسبه ضریب زلزله در جهت X

نسبت شتاب مینای طرح به شتاب ثقل	استان	مرکز جمعیتی	
	کرمانشاه	جوانرود	
	پهنه با خطر نسبی زیاد	منطقه ۲	$A = 0.3$
ضریب اهمیت ساختمان	ساختمان با اهمیت متوسط		$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		R_u
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۱]		3
مجاز نیست	$H_m = - m$	$C_d = 2.5$	$\Omega_0 = 3$

[۱] فقط برای ساختمانهای «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ با حداکثر ارتفاع ۱۵ متر مجاز می باشد.

B ضریب بازتاب سازه					
ارتفاع ساختمان از تراز پایه $H =$		26.4 m	نوع زمین	IV	
سازه میانقاب دارد؟		خیر	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی	
$T_0 =$	0.15		زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی	$T=0.05 \times H^{0.9 \times (1)} =$	0.952
$T_s =$	1				
$S =$	1.75		$T =$ Min (تحلیلی، ۲۵ (تجربی) = 1.189		
$S_0 =$	1.1				
T_{ETABS} زمان تناوب نرم افزار		2.00			
ضریب اصلاح طیف		$N=0.7/(4-TS)*(T-TS)+1=$			
ضریب شکل طیف		$B1=(S+1)(Ts/T)=$	2.312		

$C_{min} = 0.12 AI =$	0.0360	$K = 0.5T + 0.75 =$	1.345
$C_{DRIFT} =$	0.1696	$K_{DRIFT} =$	1.750

$$C_x = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_x = 0.2414$$



شکل ۲۵، ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه سازه ۸ طبقه با شکل پذیری معمولی

✓ با توجه به اینکه شکل پذیری معمولی برای قاب‌های خمشی بتنی فقط در مناطق با لرزه‌خیزی متوسط و کم و با ارتفاع ۱۵ متر مجاز می‌باشد در این سازه چون در پهنه با خطر نسبی زیاد قرار داشته استفاده از این سیستم بنا به ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴ مجاز نیست اما با توجه به ذکر آن در صورت پروژه مورد استفاده قرار گرفته است.

شکل ۲۶، وارد کردن ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه برای شکل پذیری معمولی



محاسبه ضریب زلزله در جهت X

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	استان	مرکز جمعیتی	
	کرمانشاه	جوانرود	
	پهنه با خطر نسبی زیاد	منطقه ۲	$A = 0.3$
ضریب اهمیت ساختمان	ساختمان با اهمیت متوسط		$I = 1.0$

ضریب رفتار سازه			
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی		R_u
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط		5
$H_m = 35 \text{ m}$		$C_d = 4.5$	$\Omega_0 = 3$

B ضریب بازتاب سازه				
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه		26.4 m	نوع زمین	IV
سازه میانقاب دارد؟		خیر	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی
$T_0 =$	0.15	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی $T=0.05 \times H^{0.9 \times (1)} = 0.952$		
$T_s =$	1			
$S =$	1.75	$T = \text{Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)} = 1.189$		
$S_0 =$	1.1			
T_{ETABS} زمان تناوب نرم افزار	2.00			
ضریب اصلاح طیف	$N=0.7/(4-TS)*(T-TS)+1=$	1.044	$B = B_1 N = 2.41429$	
ضریب شکل طیف	$B1=(S+1)(Ts/T)=$	2.312		

$C_{min} = 0.12 AI =$	0.0360	$K = 0.5T + 0.75 =$	1.345
$C_{DRIFT} =$	0.1018	$K_{DRIFT} =$	1.750

$$C_x = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_x = 0.1449$$



شکل ۲۷، ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه سازه ۸ طبقه با شکل پذیری متوسط

S User Defined Seismic Load Pattern ×

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

☒ Global X Direction
☐ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Other Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

Lateral Load Elevation Range

☐ Program Calculated
☒ User Specified

Max Z
Min Z

شکل ۲۸، وارد کردن ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه برای شکل پذیری متوسط



محاسبه ضریب زلزله در جهت X

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل	استان	مرکز جمعیتی
	کرمانشاه	جوانرود
	پهنه با خطر نسبی زیاد	منطقه ۲
ضریب اهمیت ساختمان	ساختمان با اهمیت متوسط	$A = 0.3$ $I = 1.0$

ضریب رفتار سازه		
سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u
قاب خمشی	قاب خمشی بتن آرمه ویژه	7.5
$H_m = 20.0 \text{ m}$	$C_d = 5.5$	$\Omega_0 = 3$

ضریب بازتاب سازه B			
$H =$ ارتفاع ساختمان از تراز پایه	26.4 m	نوع زمین	IV
سازه میانقاب دارد؟	خیر	نوع سیستم	قاب خمشی بتنی
$T_0 =$	0.15	زمان تناوب اصلی با استفاده از روابط تجربی	$T = 0.05 \times H^{0.9} \times (1) = 0.952$
$T_s =$	1		
$S =$	1.75	$T = \text{Min (تحلیلی، ۱.۲۵ تجربی)} = 1.189$	1.189
$S_0 =$	1.1		
T_{ETABS} زمان تناوب نرم افزار	2.00		
ضریب اصلاح طیف	$N = 0.7 / (4 - TS) * (T - TS) + 1 =$	1.044	$B = B_1 N = 2.41429$
ضریب شکل طیف	$B1 = (S + 1) (Ts / T) =$	2.312	

$C_{min} = 0.12 AI =$	0.0360	$K = 0.5T + 0.75 =$	1.345
$C_{DRIFT} =$	0.0678	$K_{DRIFT} =$	1.750

$$C_x = \frac{A \times B \times I}{R_u} \Rightarrow C_x = 0.0966$$

شکل ۲۹، ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه سازه ۸ طبقه با شکل پذیری ویژه



S User Defined Seismic Load Pattern ×

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

☒ Global X Direction

☐ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Other Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

Lateral Load Elevation Range

☐ Program Calculated

☒ User Specified

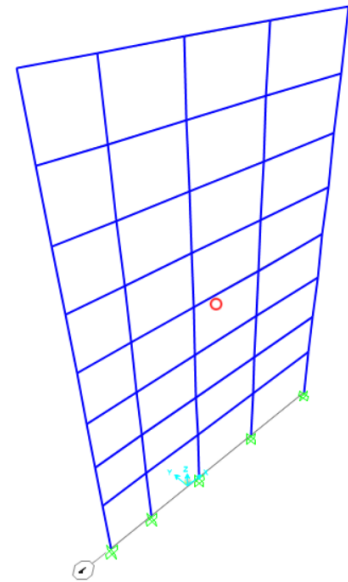
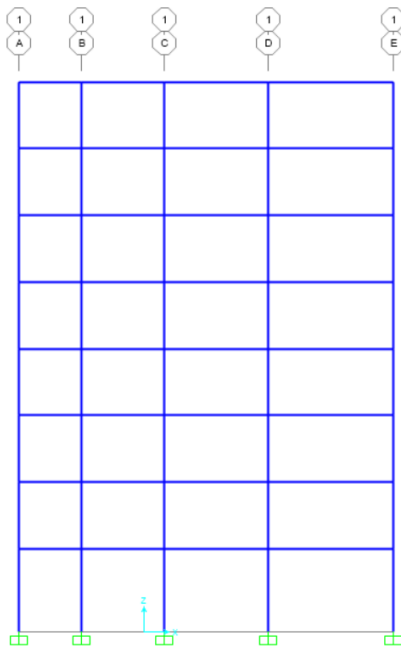
Max Z

Min Z

شکل ۳۰، وارد کردن ضریب زلزله و ضریب توزیع برش پایه برای شکل پذیری ویژه



۸-۱) مدلسازی سازه



شکل ۳۱، مدلسازی سازه



۹-۱ تعریف وزن مؤثر لرزه‌ای

W: وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۱-۳). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

جدول ۱-۳ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین	۲۰
بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق	-
ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها	۲۰
بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام	۲۰
کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)	حداقل ۴۰
مخازن آب و یا سایر مایعات	۱۰۰

شکل ۳۲، وزن مؤثر لرزه‌ای و درصد مشارکت بار زنده طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم



شکل ۳۳، تعریف وزن موثر لرزه‌ای در نرم افزار SAP2000

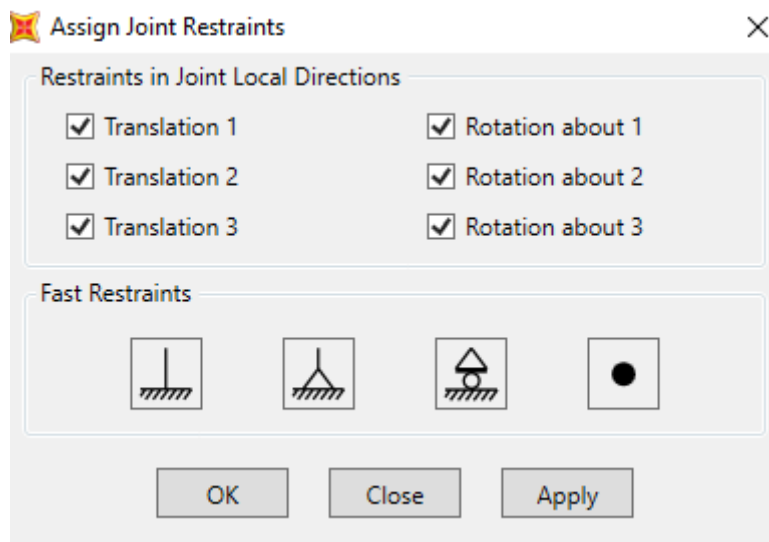
۱۰-۱ بارگذاری

بار مرده ناشی از سقف $q_{Dead} = 600 \times 5 = 3000 \text{ Kg/m}$

بار زنده ناشی از سقف $q_{Live} = 200 \times 5 = 400 \text{ Kg/m}$

۱۱-۱ اصلاحات مدلسازی

۱-۱۱-۱ اختصاص پای تکیه گاه‌ها در محل اتصال ستون به فونداسیون



شکل ۳۴، تکیه گاه گیردار پای ستون‌ها در محل اتصال به ستون



۱-۱۱-۲) اختصاص ضرایب ترک خوردگی

جدول ۹-۶-۲-الف ممان اینرسی و سطح مقطع مجاز اعضا در تحلیل الاستیک برای بارهای ضریبدار

عضو و شرایط آن	ممان اینرسی	سطح مقطع برای تغییر شکل محوری	سطح مقطع برای تغییر شکل برشی
ستون‌ها	$0.7I_g$	$1.0A_g$	$b_w h$
دیوارها	$0.7I_g$		
	$0.35I_g$		
تیرها	$0.35I_g$		
دال‌های تخت و دال‌های قارچی	$0.25I_g$		

شکل ۳۵، ضرایب ترک خوردگی طبق مبحث ۹ و ویرایش ۹۹

$0.35 =$ ضریب ترک خوردگی تیرها

$0.7 =$ ضریب ترک خوردگی ستون‌ها

Assign Frame Property Modifiers

Property Modifiers for Analysis

Cross-section (Axial) Area	1
Shear Area in 2 Direction	1
Shear Area in 3 Direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2-Axis	1
Moment of Inertia about 3-Axis	0.35
Mass	1
Weight	1

Reset Form to Default Values

OK Close Apply



شکل ۳۶، ضریب ترک خوردگی تیر

Assign Frame Property Modifiers

Property Modifiers for Analysis

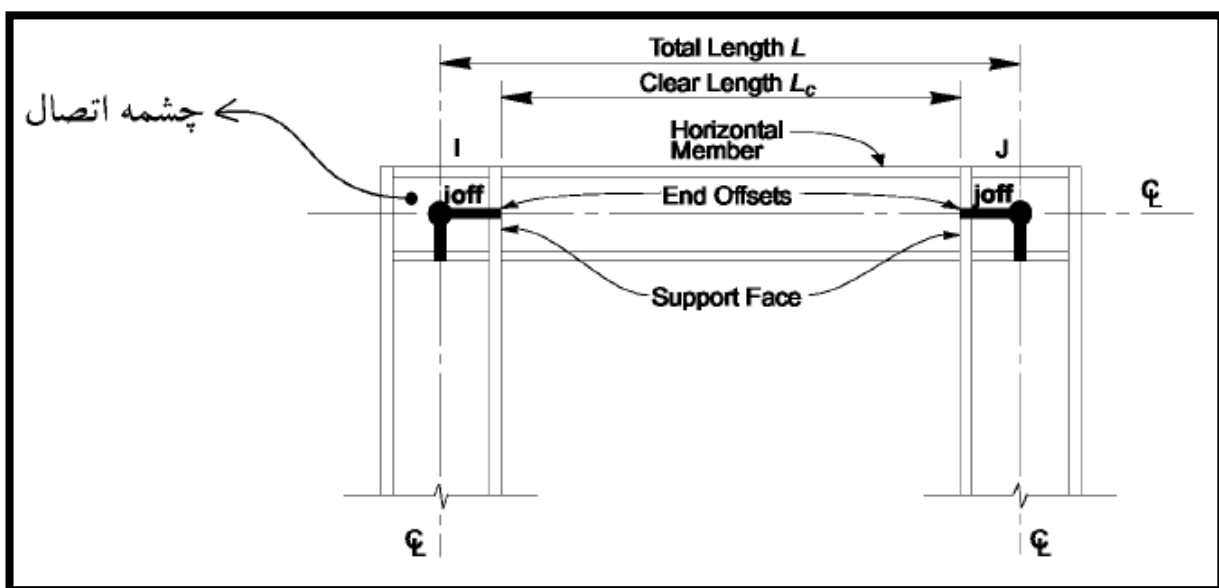
Cross-section (Axial) Area	1
Shear Area in 2 Direction	1
Shear Area in 3 Direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2-Axis	0.7
Moment of Inertia about 3-Axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

شکل ۳۷، ضریب ترک خوردگی ستون

۱-۱۱-۳) اختصاص ناحیه انتهایی صلب





شکل ۳۸، نواحی انتهایی صلب

Assign Frame End Length Offsets

Options for End Offset Along Length

☒ Automatic from Connectivity

☐ User Defined Lengths

Parameters

User Defined Length Offset at End-I: Auto

User Defined Length Offset at End-J: Auto

Rigid Zone Factor: 0.5

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

شکل ۳۹، اعمال نواحی انتهایی صلب در نرم افزار

۴-۱۱-۱) تنظیم تعداد مد نوسان

Load Case Data - Modal

Load Case Name: MODAL

Load Case Type: Modal

Stiffness to Use: ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State

Type of Modes: ☒ Eigen Vectors

Mass Source: W

Number of Modes: Maximum Number of Modes: 8, Minimum Number of Modes: 1

Loads Applied: ☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Frequency Shift (Center): 0, Cutoff Frequency (Radius): 0, Convergence Tolerance: 1.000E-09, ☒ Allow Automatic Frequency Shifting

OK Cancel

شکل ۴۰، اعمال تعداد مد نوسان

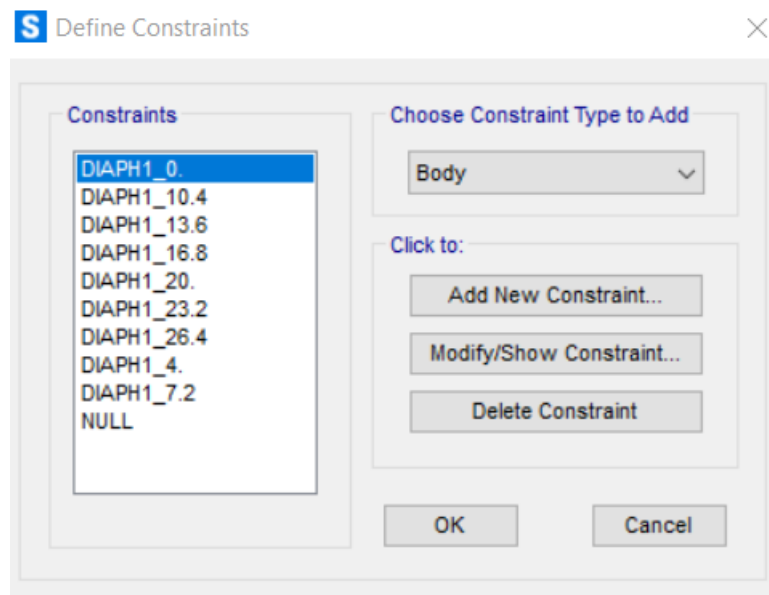


Maximum Number of Modes = n = 8

Minimum Number of Modes = 3 or 1 = 1

۱-۱۱-۵) اختصاص دیافراگم صلب

در نرم افزار SAP2000 دیافراگم را بایستی به گره‌ها وارد کرد که برای این منظور گره‌های هر طبقه انتخاب شده و دیافراگم طبق شکل زیر اعمال می‌باشد.



شکل ۴۱، اعمال دیافراگم طبقات



۶-۱۱-۱) تنظیمات طراحی

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-14
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Design System Rho	1.
8 Design System Sds	1.05
9 Phi (Tension Controlled)	0.9
10 Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
11 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13 Phi (Shear Seismic)	0.6
14 Phi (Joint Shear)	0.85
15 Pattern Live Load Factor	0.75
16 Utilization Factor Limit	1.

Item Description
The stress ratio limit to be used for acceptability. Stress ratios that are less than or equal to this value are considered acceptable.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items, Selected Items
Reset To Previous Values: All Items, Selected Items

OK Cancel

شکل ۴۲، تنظیمات طراحی سازه‌های بتنی



S Concrete Frame Design Overwrites for ACI 318-14

Item	Value
1 Current Design Section	Program Determined
2 Framing Type	Sway Ordinary
3 Live Load Reduction Factor	Program Determined
4 Unbraced Length Ratio (Major)	Program Determined
5 Unbraced Length Ratio (Minor)	Program Determined
6 Effective Length Factor (K Major)	Program Determined
7 Effective Length Factor (K Minor)	Program Determined
8 Moment Coefficient (Cm Major)	Program Determined
9 Moment Coefficient (Cm Minor)	Program Determined
10 NonSway Moment Factor(Dns Major)	Program Determined
11 NonSway Moment Factor(Dns Minor)	Program Determined
12 Sway Moment Factor(Ds Major)	Program Determined
13 Sway Moment Factor(Ds Minor)	Program Determined

Set To Prog Determined (Default) Values

All Items

Selected Items

Reset To Previous Values

All Items

Selected Items

OK

Cancel

Item Description

This is either "Sway Special", "Sway Intermediate", "Sway Ordinary", or "NonSway". This item is used for ductility considerations in seismic design. Program determined value means that it defaults to the highest ductility requirement.

Explanation of Color Coding for Values

Blue:

All selected items are program determined

Black:

Some selected items are user defined

Red:

Value that has changed during the current session

شکل ۴۳، تنظیمات شکل پذیری معمولی



S Concrete Frame Design Overwrites for ACI 318-14

	Item	Value
1	Current Design Section	Program Determined
2	Framing Type	Sway Intermediate
3	Live Load Reduction Factor	Program Determined
4	Unbraced Length Ratio (Major)	Program Determined
5	Unbraced Length Ratio (Minor)	Program Determined
6	Effective Length Factor (K Major)	Program Determined
7	Effective Length Factor (K Minor)	Program Determined
8	Moment Coefficient (Cm Major)	Program Determined
9	Moment Coefficient (Cm Minor)	Program Determined
10	NonSway Moment Factor(Dns Major)	Program Determined
11	NonSway Moment Factor(Dns Minor)	Program Determined
12	Sway Moment Factor(Ds Major)	Program Determined
13	Sway Moment Factor(Ds Minor)	Program Determined

Set To Prog Determined (Default) Values

All Items

Selected Items

Reset To Previous Values

All Items

Selected Items

OK

Cancel

Item Description

This is either "Sway Special", "Sway Intermediate", "Sway Ordinary", or "NonSway". This item is used for ductility considerations in seismic design. Program determined value means that it defaults to the highest ductility requirement.

Explanation of Color Coding for Values

Blue:

All selected items are program determined

Black:

Some selected items are user defined

Red:

Value that has changed during the current session

شکل ۴۴، تنظیمات شکل پذیری متوسط



Item	Value
1 Current Design Section	Program Determined
2 Framing Type	Sway Special
3 Live Load Reduction Factor	Program Determined
4 Unbraced Length Ratio (Major)	Program Determined
5 Unbraced Length Ratio (Minor)	Program Determined
6 Effective Length Factor (K Major)	Program Determined
7 Effective Length Factor (K Minor)	Program Determined
8 Moment Coefficient (Cm Major)	Program Determined
9 Moment Coefficient (Cm Minor)	Program Determined
10 NonSway Moment Factor(Dns Major)	Program Determined
11 NonSway Moment Factor(Dns Minor)	Program Determined
12 Sway Moment Factor(Ds Major)	Program Determined
13 Sway Moment Factor(Ds Minor)	Program Determined

Item Description

This is either "Sway Special", "Sway Intermediate", "Sway Ordinary", or "NonSway". This item is used for ductility considerations in seismic design. Program determined value means that it defaults to the highest ductility requirement.

Explanation of Color Coding for Values

Blue: All selected items are program determined

Black: Some selected items are user defined

Red: Value that has changed during the current session

Set To Prog Determined (Default) Values

All Items Selected Items

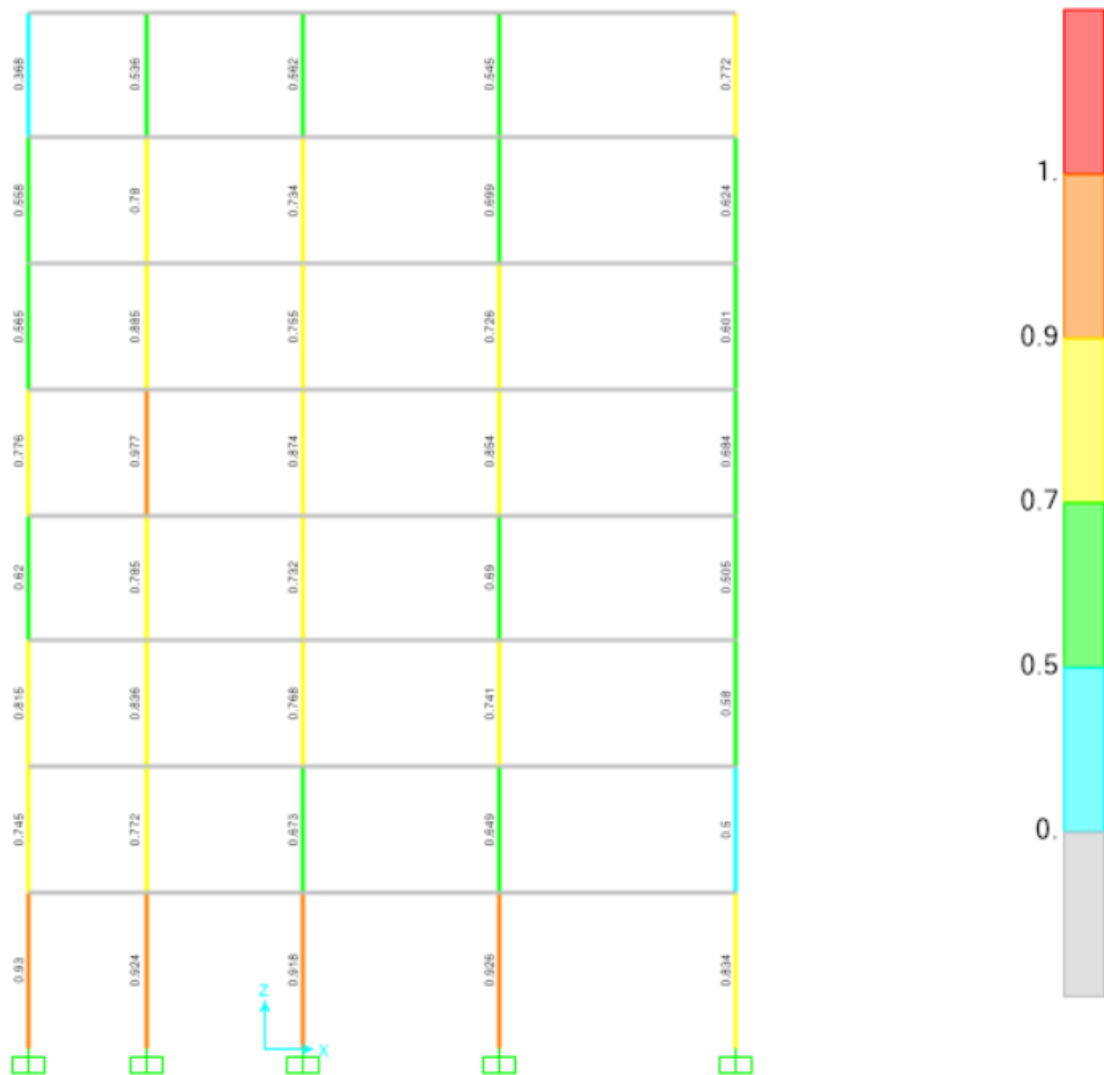
Reset To Previous Values

All Items Selected Items

OK Cancel

شکل ۴۵، تنظیمات شکل پذیری ویژه

✓ اعضا برای سازه با شکل پذیری متوسط طراحی شده و از مقاطع به دست آمده در دو شکل پذیری دیگر استفاده شده است که نتایج طراحی آن بصورت زیر می باشد:



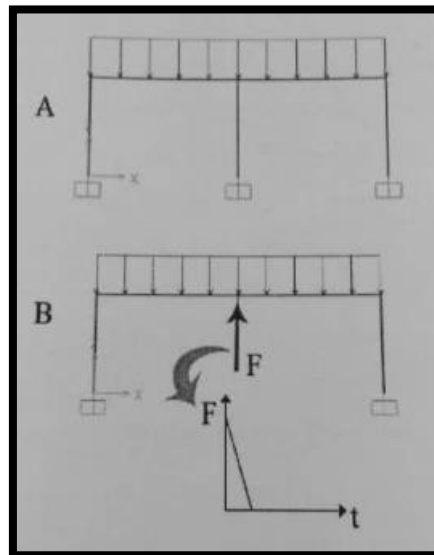
شکل ۴۶، نسبت نیرو به ظرفیت (Ratio)



۲) بارگذاری انفجار – نحوه مدلسازی سناریوی حذف ستون و تخریب پیشرونده در نرم افزار

SAP2000

ابتدا باید سازه اصلی را مدلسازی نمود سپس بار ثقلی موجود (زنده، مرده و ...) در ستونی که می‌خواهیم آنرا حذف نمائیم از برنامه برداشت کنیم پس از این عمل ستون مورد نظر را از مدل حذف کرده و بار مرده و زنده برداشت شده را بصورت بار متمرکز در محل ستون حذف شده قرار می‌دهیم سپس در یک تحلیل تاریخچه زمانی بار متمرکز موجود بر روی این ستون به سرعت حذف شده و در اثر حذف این بار سازه دچار ارتعاش می‌گردد. در شکل ۴۴، نمای شماتیک این عمل نشان داده شده است.



شکل ۴۷، نمایی از نحوه مدلسازی سناریوی حذف ستون

طبق شکل ۴۷، و در قسمت A در این مرحله ستون حذف نشده و سازه کامل است سپس با برداشتن ستون میانی و اعمال بار F در آن محل (شکل B) تحلیل تاریخچه زمانی مطابق نمودار نیرو – زمان نشان داده شده میزان نیرو به صفر رسیده و این حذف شدن به نوعی حذف ناگهانی ستون را مدل می‌کند.



تحلیل غیر خطی

با توجه به اینکه تخریب پیشرونده یک پدیده غیر خطی است و المان‌های سازه دچار خرابی شده و با تشکیل مفصل پلاستیک وارد رفتار غیر خطی خود می‌شوند باید مفاصل پلاستیک به اعضای سازه اعمال شود که بدین منظور از مفاصل پلاستیک اتوماتیک موجود در نرم‌افزار برای تیر و ستون‌ها استفاده می‌نمائیم که بصورت زیر قابل تعریف خواهد بود. لازم به ذکر است این عملیات به منظور انجام تحلیل تاریخچه زمانی نیز لازم است.

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

V Value From
☒ Case/Combo UDCON2
☐ User Value V2

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

شکل ۴۸، مفصل خمشی (M3) تیرها



Assign Frame Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.95
Auto M3	0.05
Auto M3	0.95

Add Hinge...

Modify/Show Auto Hinge...

Delete Hinge

Current Hinge Information
Type: From Tables In ASCE 41-13
Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
DOF: M3

Options

☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns

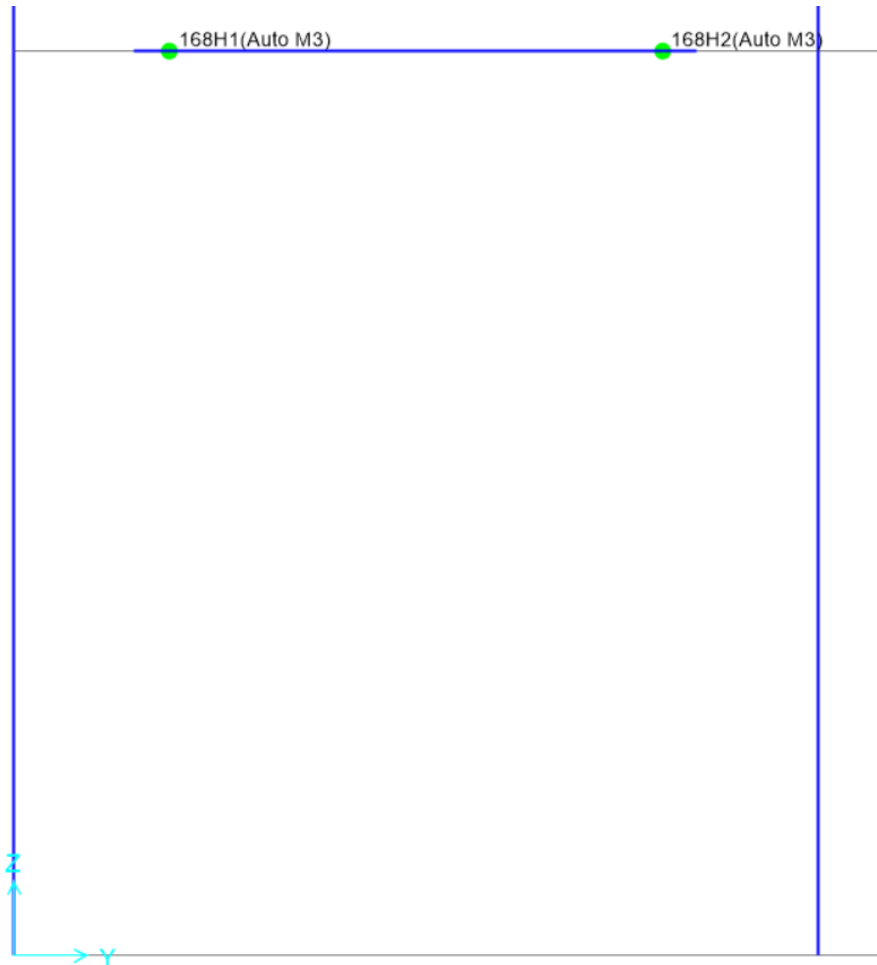
☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns

Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects
Number of Selected Frame Objects: 120
Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 0

Fill Form with Hinges on Selected Frame Object

OK Close Apply

شکل ۴۹، محل مفاصل پلاستیک تیرها (۰/۰۵ ابتدایی و انتهایی)



شکل ۵۰، مفاصل پلاستیک مدل شده تیرها



S Auto Hinge Assignment Data ×

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-17

Select a Hinge Table
Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)

Degree of Freedom
☐ M2 ☐ P-M2 ☐ Parametric P-M2-M3
☐ M3 ☒ P-M3
☐ M2-M3 ☐ P-M2-M3

P Values From
☒ Case/Combo ☐ User Value
Gravity UDCON2
Gravity + Lateral UDCON2

Not Controlled by Inadequate Development or Splicing
☒ Not Controlled by Inadequate Development or Splicing
☐ Controlled by Inadequate Development or Splicing

Shear Demand at Flex. Yielding / Shear Cap. (VyE / Vcol0E)
☒ Program Calculated
☐ User-specified Shear Demand, VyE
V2 V3
☐ User-Specified Ratio, VyE/Vcol0E
V2 V3

Shear Reinforcing Ratio $\rho = A_v / (b_w * s)$
☒ From Current Design
☐ User Value

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

Shear Reinforcement Spacing Ratio (s/d)
☒ From Current Design
☐ User Value

OK Cancel

شکل ۵۱، مفصل خمشی - محوری (P- M3) ستون‌ها



S Assign Frame Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Absolute Distance m
Auto	Relative To Clear Length	0.95	
Auto P-M3	Relative To Clear Length	0.05	
Auto P-M3	Relative To Clear Length	0.95	

Add Hinge...

Modify Hinge...

Note: Hold the Ctrl key down when clicking the Modify button to Modify or Show the Auto hinge properties of the selected hinge

Delete Hinge

Current Hinge Information
Type: From Tables In ASCE 41-17
Table: Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)
DOF: P-M3

Options

☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns

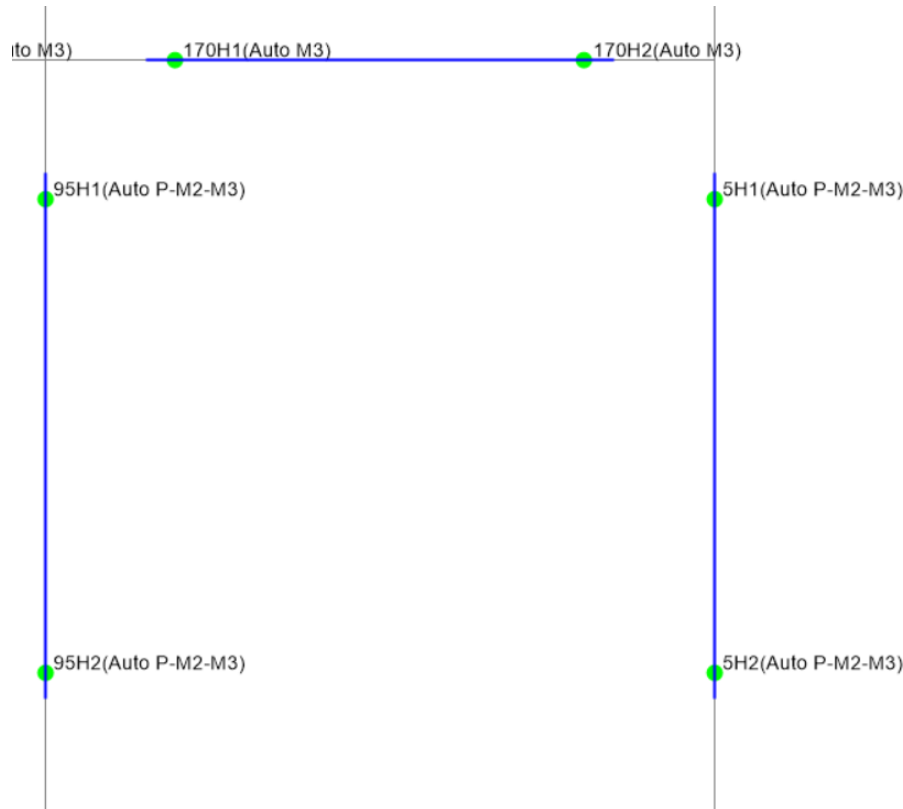
☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns

Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects
Number of Selected Frame Objects: 2
Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 4
All 4 existing hinge assignments will be removed when the above hinge assignment is applied

Fill Form with Hinges on Selected Frame Object

OK Close Apply

شکل ۵۲، محل مفاصل پلاستیک ستون‌ها (۰/۰۵ ابتدایی و انتهایی)



شکل ۵۳، مفاصل پلاستیک مدل شده ستون‌ها

سناریوی حذف ستون

پیش از انجام سناریوی حذف ستون در مدلسازی لازم است که ابتدا مدل به صورت کامل ساخته شود و پس از آن فرکانس‌های مود اول تا سوم از مدل اولیه ساخته شده برداشته شود تا برای تحلیل تاریخچه زمانی میرایی ۱٪ به صورت میرایی رایلی تعریف گردد. همچنین از مدل سازه‌ای کامل باید بارهای ثقلی تحت ترکیب بار مورد نظر را بر روی ستونی که می‌خواهیم سناریوی حذف بر آن اعمال گردد از برنامه استخراج نمائیم تا در تحلیل تاریخچه زمانی این بارها به صورت یک بار مثلی از بزرگای ۱ به صفر برسد. این حذف ستون در بازه زمانی حدوداً ۰/۱ دوره تناوب مود اول سازه انجام می‌شود. پس از برداشت پارامترهای فوق از مدل کامل سازه (مدل اولیه) از مدل یک کپی تهیه کرده و در این مدل جدید ستون حذف می‌گردد سپس در بخش Load Pattern یک الگوی بار ساخته و با استفاده از این الگوی بار، بار ستون حذف شده را به صورت متمرکز



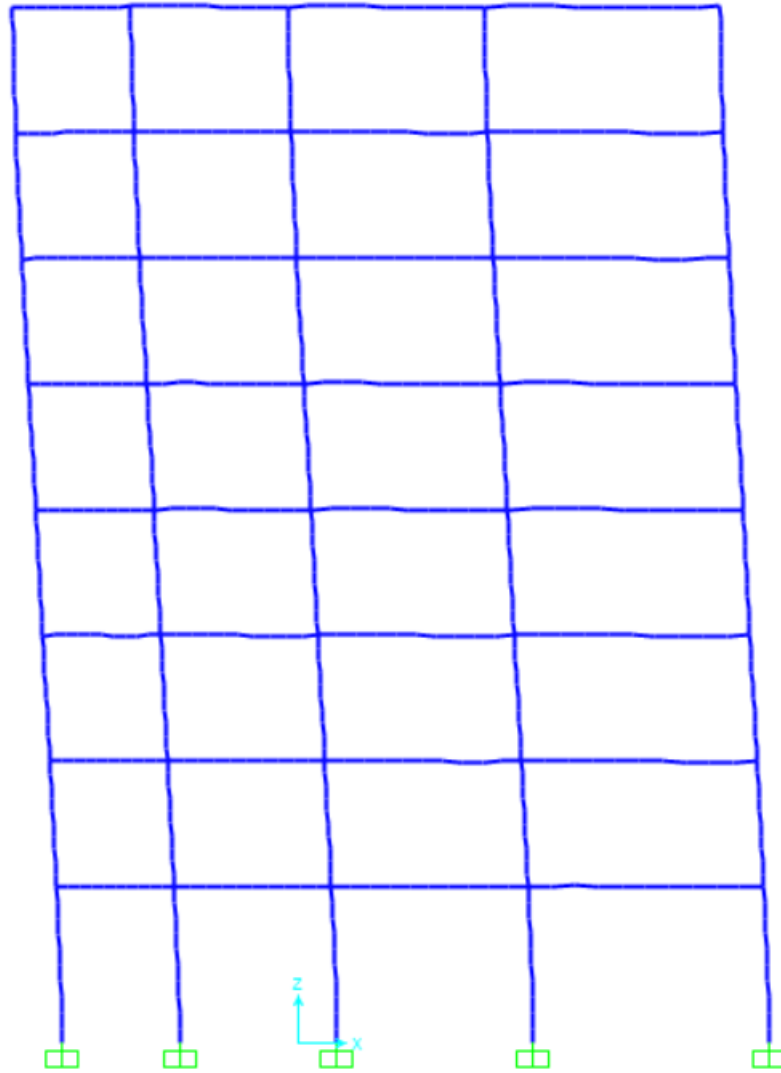
در محل حذف ستون قرار می‌دهیم سپس در یک تحلیل تاریخچه زمانی بار نقطه‌ای اعمال شده بر روی ستون حذف می‌گردد.

برداشت نتایج مورد نیاز برای انجام سناریوی حذف ستون در تخریب پیشرونده از مدل اولیه

برای مشاهده فرکانس‌های اولیه مود اول و سوم ارتعاش مدل از مسیر Display > Show Deformed Shape وارد صفحه Display Deformed Shape شده و در بخش بار حالت Modal را انتخاب نموده و زمان تناوب و فرکانس سازه در مود اول و سوم را برداشت می‌نمائیم.



Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 1.56648; f = 0.63838

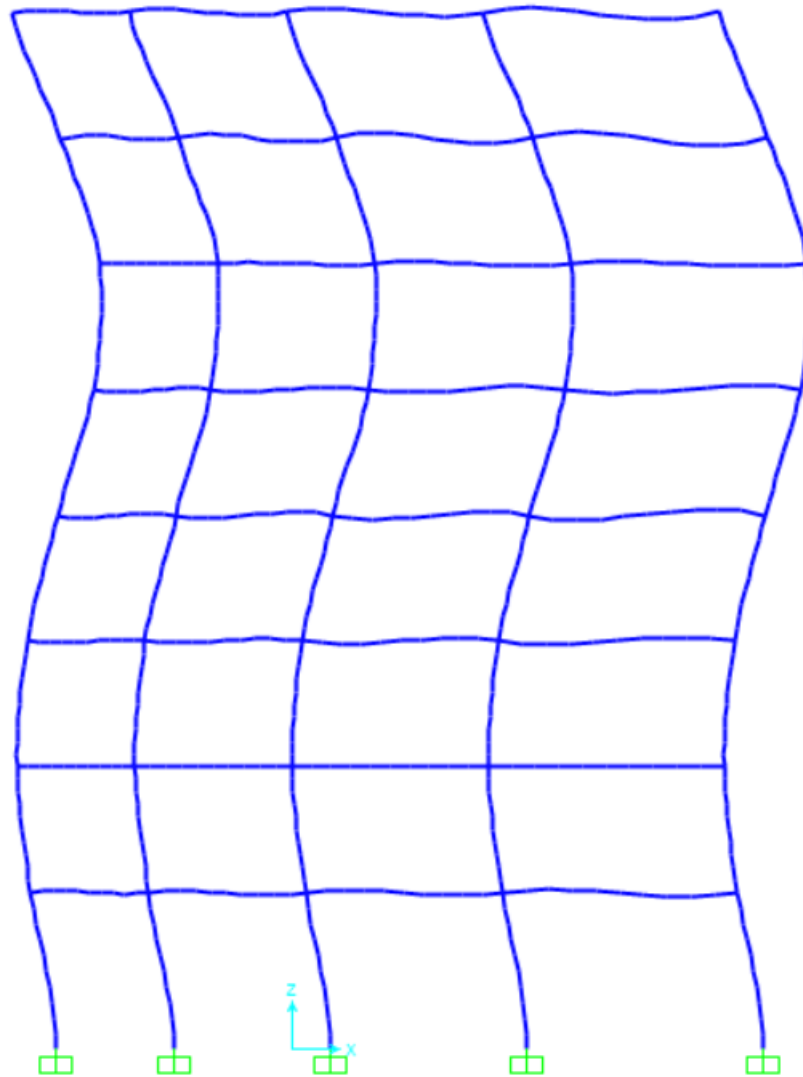


شکل ۵۴، مود اول سازه

$$T_1 = 1.566 \text{ sec} \quad f_1 = 0.63838 \text{ Hz}$$



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.30746; f = 3.25246



شکل ۵۵، مود سوم سازه

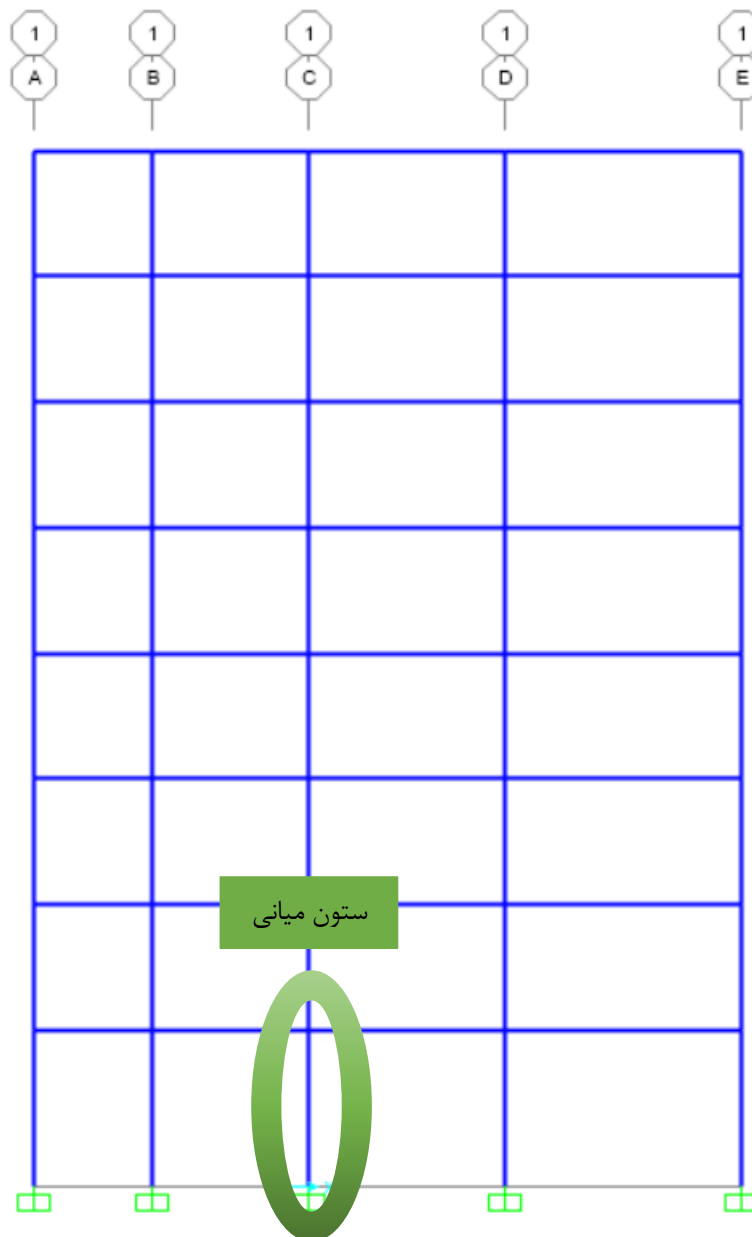
$$T_3 = 0.30746 \text{ sec} \quad f_3 = 3.25246 \text{ Hz}$$

به دست آوردن زمان تناوب مود اول و سوم برای محاسبه ضریب η (eta) و σ (sigma) در ماتریس میرایی می باشد که در ادامه لازم خواهیم داشت.



ستون‌های حذف شده

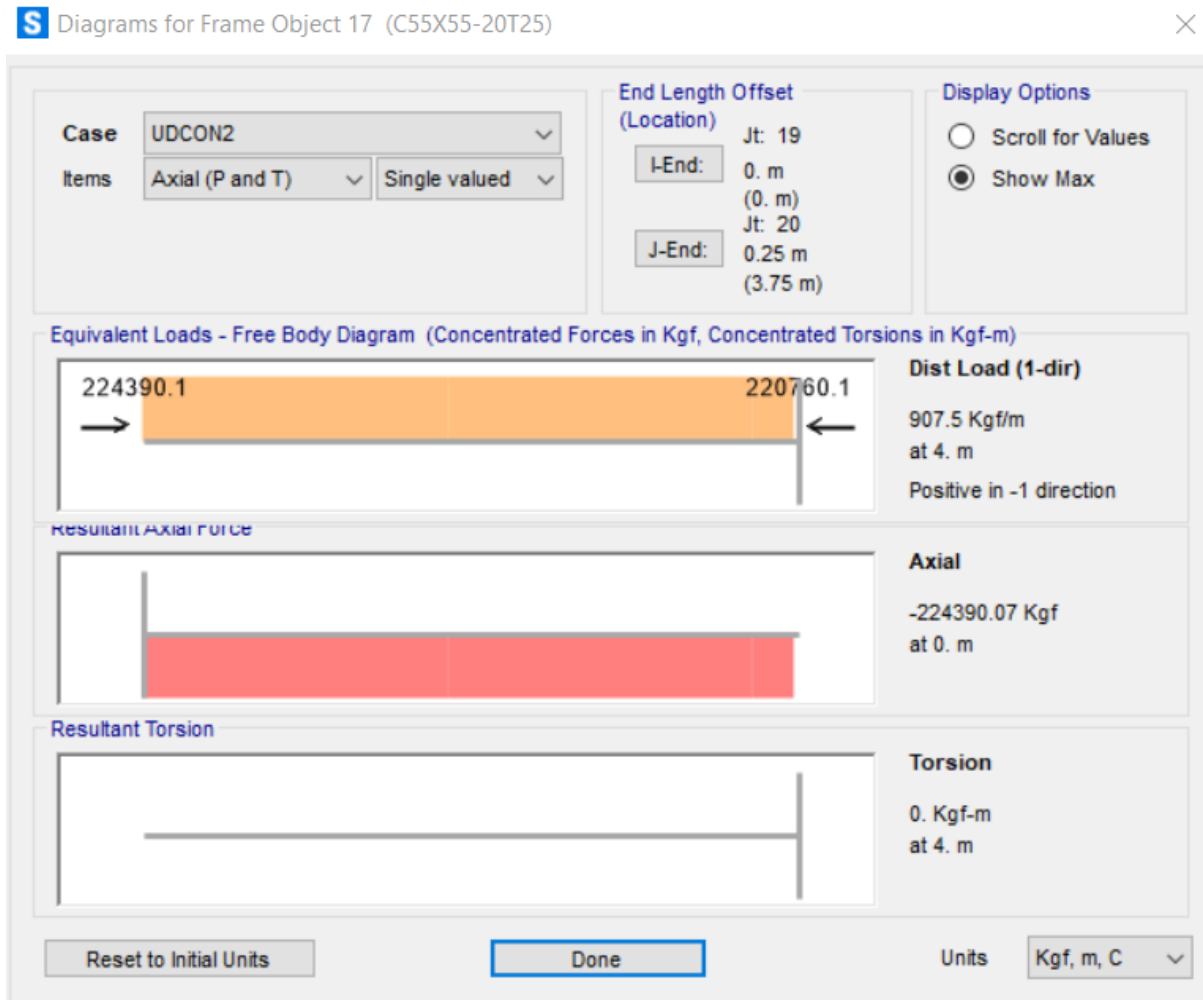
با توجه به اینکه در پلان تعداد ستون‌ها زیاد خواهد بود و برای آنکه کدام ستون را حذف نمائیم تا حالت بحرانی‌تری ایجاد شود ستون را از طبقه اول انتخاب خواهیم نمود زیرا با حذف ستون از طبقه اول به نسبت سایر طبقات امکان خرابی بیشتری خواهد داشت چون هم نیروی وارده به آنها زیاد بوده هم جذب انرژی بالاتری دارند و ستون زیر را بعنوان ستون انتخابی در نظر خواهیم گرفت.



شکل ۵۶، ستون حذف شده



بعد از مراحل فوق حداکثر نیروی ثقیلی ستون‌های مدنظر را به دست خواهیم آورد که ترکیب بار ثقیلی بحرانی در پروژه ما UDCon2 می‌باشد که مقدار نیروهای ستون تحت این ترکیب بار برای ستون‌های مورد نظر به صورت زیر می‌باشد.

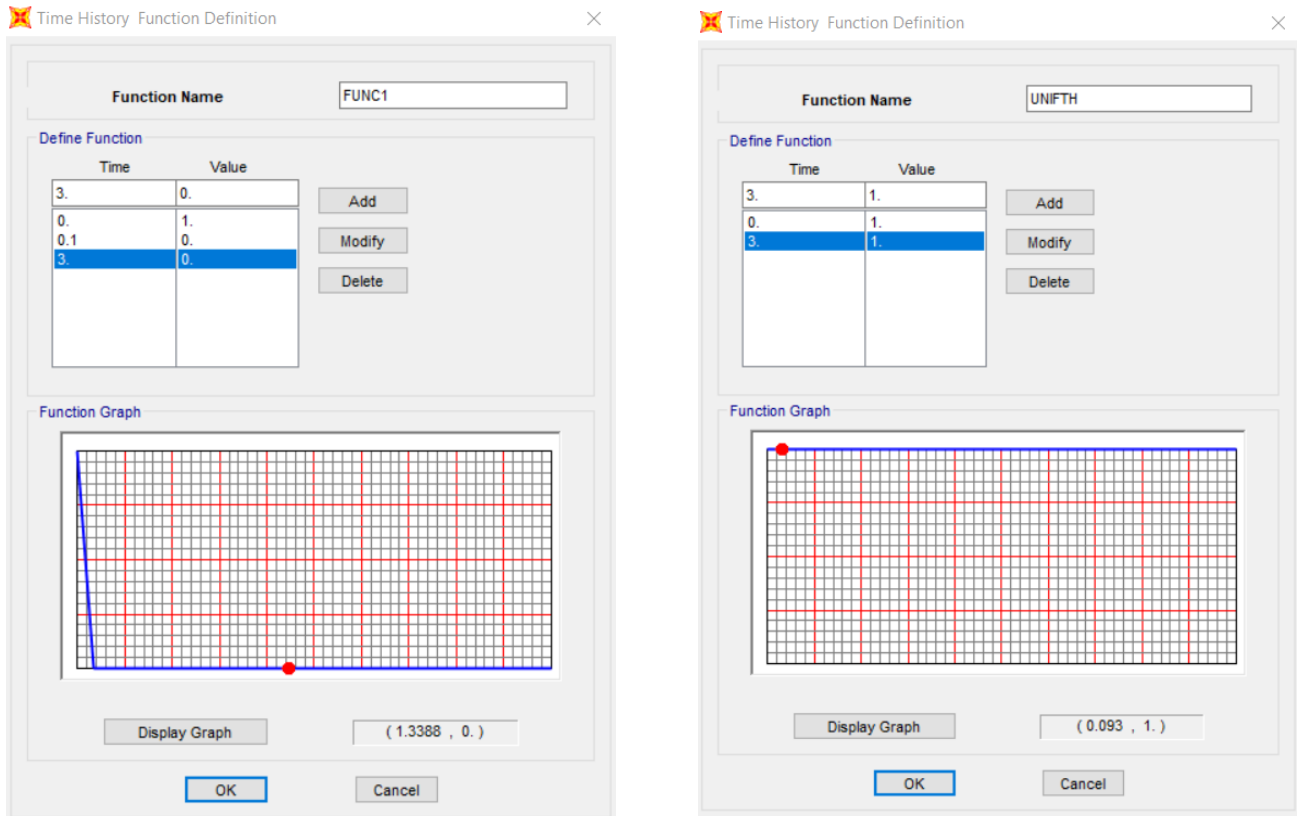


شکل ۵۷، حداکثر نیروی محوری ستون انتخابی

$$Max\ Axial\ Force = 224.39\ Tonf$$



معرفی تابع تاریخچه زمانی برای تحلیل خرابی پیشرونده

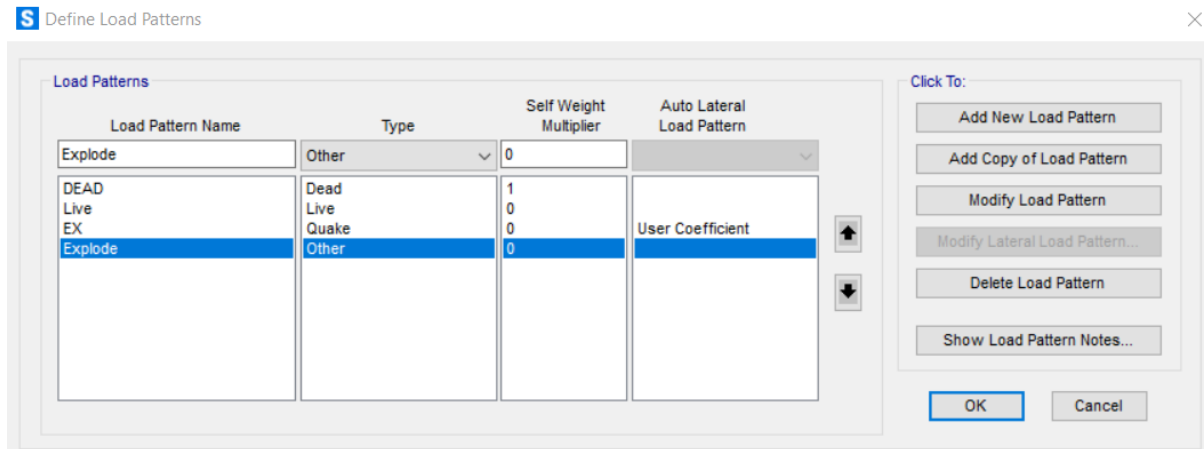


شکل ۵۸، ساخت توابع مورد نیاز برای شبیه‌سازی اثر حذف ستون

در تابع FUNC1 یک بار مثلی که از بزرگای ۱ به صفر در مدت زمان ۰/۱ ثانیه می‌رسد و پس از آن تا ۳ ثانیه طول می‌کشد به برنامه معرفی می‌نمائیم علت معرفی بازه زمانی ۰/۱ ثانیه‌ای آن است که برخی از آئین‌نامه‌های تخریب پیشرونده فرض می‌نمایند بازه زمانی که ستون حذف می‌شود و سازه دچار ارتعاش می‌گردد حدوداً ۰/۱ تا ۰/۲ دوره تناوب سازه می‌باشد که ما در این مدلسازی در جهت محافظه کارانه آن را ۰/۱ ثانیه در نظر می‌گیریم. همچنین تابع UNIFTH معرفی شده در بازه زمانی ۳ ثانیه برای بارهای مرده و زنده موجود بر روی مدل می‌باشد و تابع مثلی برای بار معادل ستونی که قصد داریم حذف نمائیم کاربرد دارد.



معرفی الگوی بار حذف ستون



شکل ۵۹، معرفی الگوی بار معادل ستون حذف شده

بار Explode در حقیقت یک بار متمرکز با مقداری است که برای هر ستون قبلاً از نرم افزار استخراج نموده ایم و در محل ستون حذف شده اعمال خواهد شد.



معرفی تحلیل تاریخچه زمانی در نرم افزار

شکل ۶۰، معرفی بار تحلیل تاریخچه زمانی

در شکل فوق یک بار تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی با روش انتگرال گیری مستقیم با اعمال اثر P-Delta در نظر گرفته شده است. ضرایب $1/2$ برای بار مرده و $1/6$ برای بار زنده ضرایب ترکیب بار اولیه بوده که نیروهای ثقلی را برداشت نموده ایم.

در بخش Time Step Data با توجه به اینکه می خواهیم سازه را ۳ ثانیه تحلیل نمائیم در بازه های Output Time Step Size برابر 0.01 ثانیه با تعداد گام تحلیل تاریخچه زمانی را مدلسازی می نمائیم که نهایتاً خروجی برنامه در بازه زمانی ۳ ثانیه می باشد. یکی از مسائل مهم در بارگذاری های مشابه انفجار و یا تخریب پیشرونده

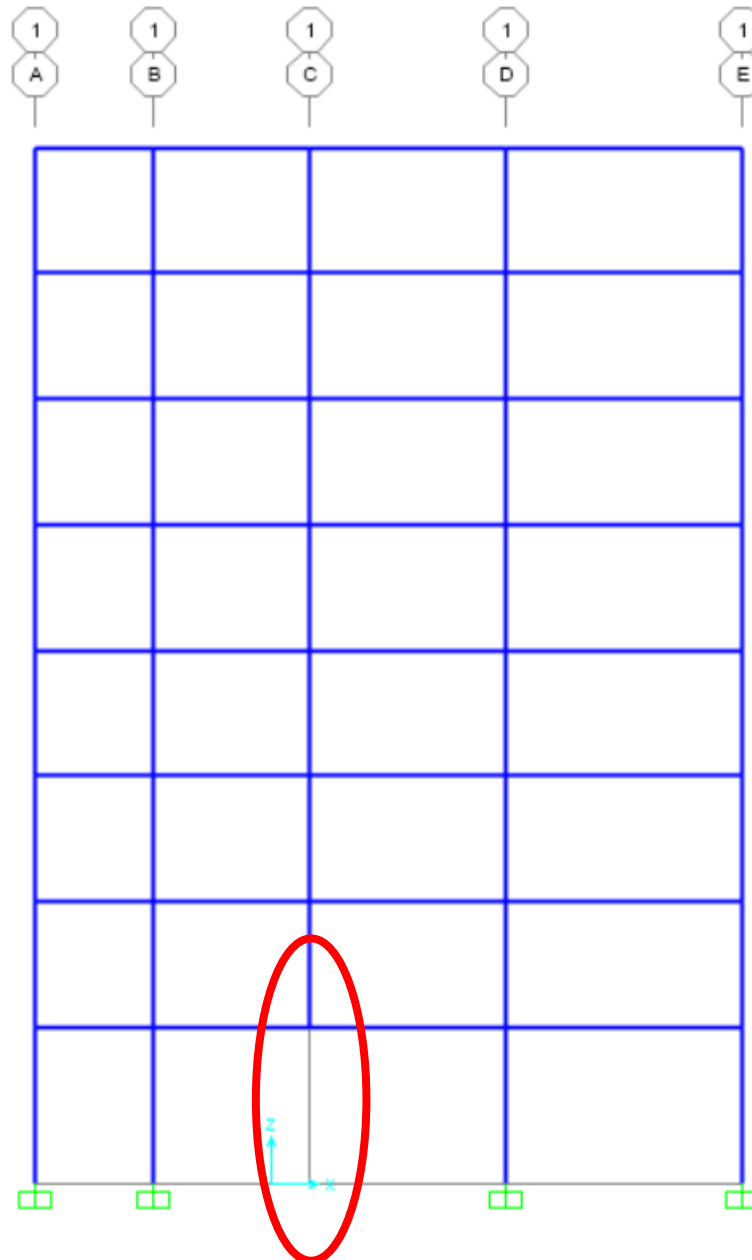


و یا بارگذاری‌های با سرعت بالا بر سازه اثر میرایی سازه می‌باشد. ما در این مدل‌سازی میرایی سازه را با استفاده از میرایی تناسبی رایلی مدل‌سازی مدلسازی نموده‌ایم و برای انجام این تنظیمات در بخش Other Parameter و قسمت Damping گزینه Modify را انتخاب نموده که بصورت زیر بایستی اعمال نمائیم.

شکل ۶۱، معرفی میرایی تناسبی به نرم‌افزار



سناریوی حذف ستون



شکل ۶۲، حذف ستون



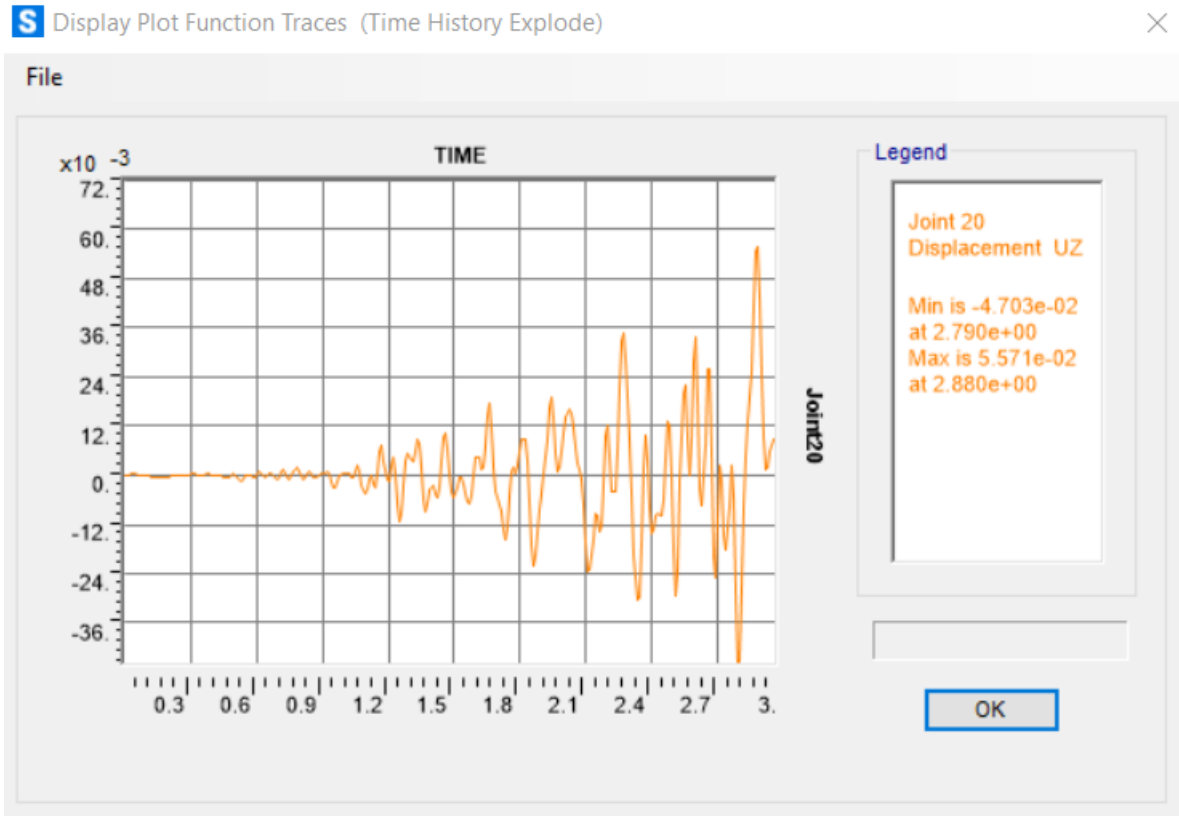
شکل ۶۳، اعمال بار ستون حذف شده

سپس سازه‌ها را تحلیل نموده و خروجی‌های لازمه را برداشت خواهیم نمود.



خروجی‌های تحلیل

- خروجی‌های مربوط به جابجایی قائم



شکل ۶۴، جابجایی قائم گره فوقانی ستون حذف شده

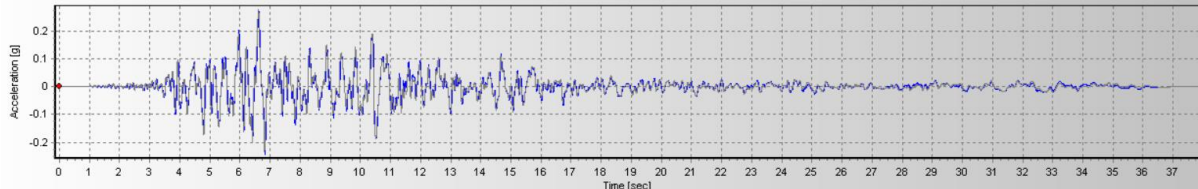


۳) تحلیل تاریخچه زمانی

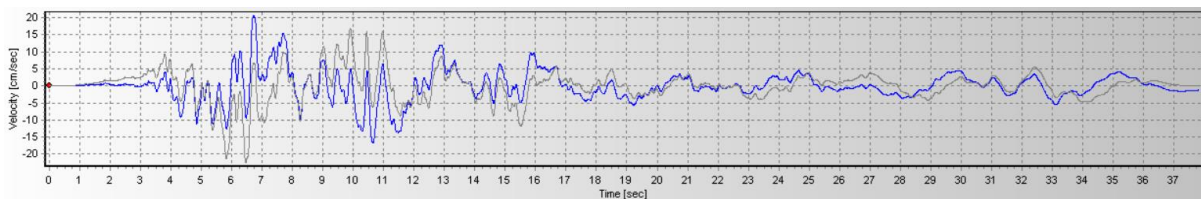
برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی از رکورد زلزله Imperial Valley استفاده شده است که این زلزله از سایت PEER برداشت شده و با وارد نمودن آن در نرم افزار SeismoSignal فایل تکست آن ساخته شده و به نرم افزار SAP2000 اعمال خواهد شد و مشخصات آن در جدول زیر نشان داده شده است. در اشکال (۶۵) تا (۶۷) نیز نمودارهای شتاب، سرعت و تغییر مکان در زمان زلزله نشان داده شده و در شکل (۶۸) نیز استخراج طیف زلزله با میرایی ۵٪ نشان داده شده است.

جدول ۱، مشخصات زلزله انتخابی

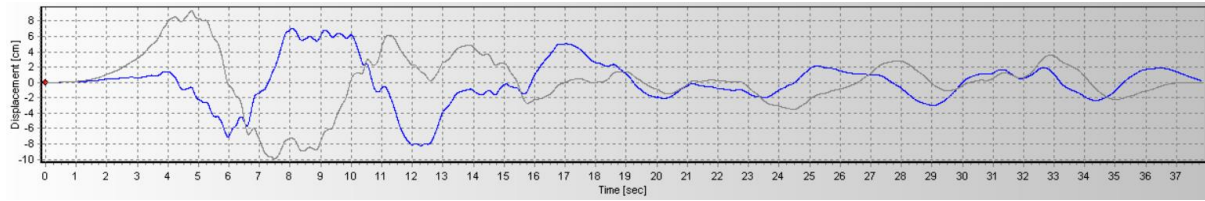
Record	Name Earthquake	Year	Name Station	PGA (g)	Magnitued	Closest Distance
1	Imperial Valley	1979	Calexico Fire Station	0.2715	6.53	10.45



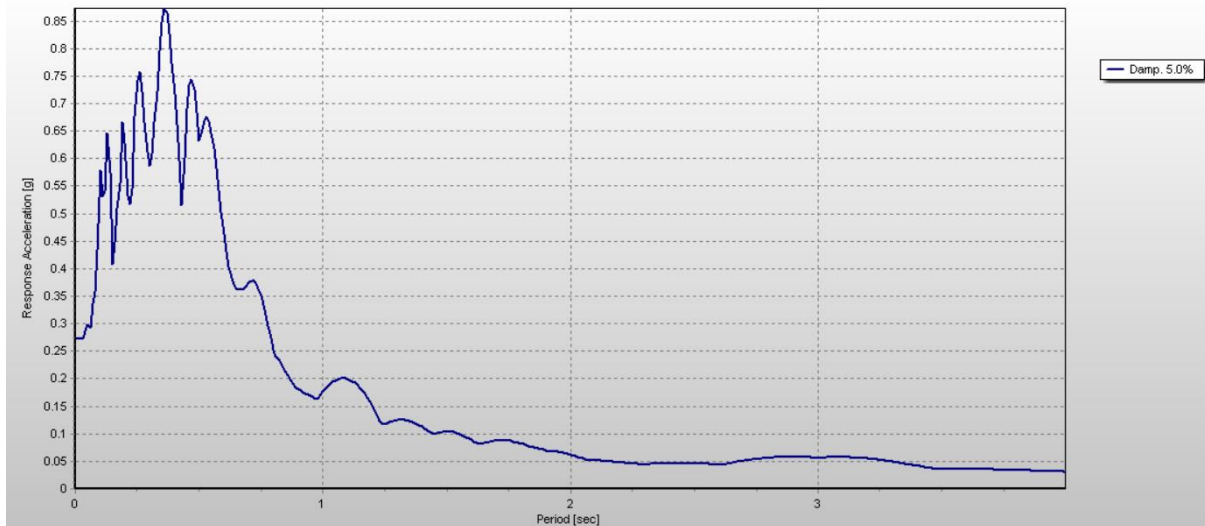
شکل ۶۵، نمودار شتاب – زمان زلزله



شکل ۶۶، نمودار سرعت – زمان زلزله

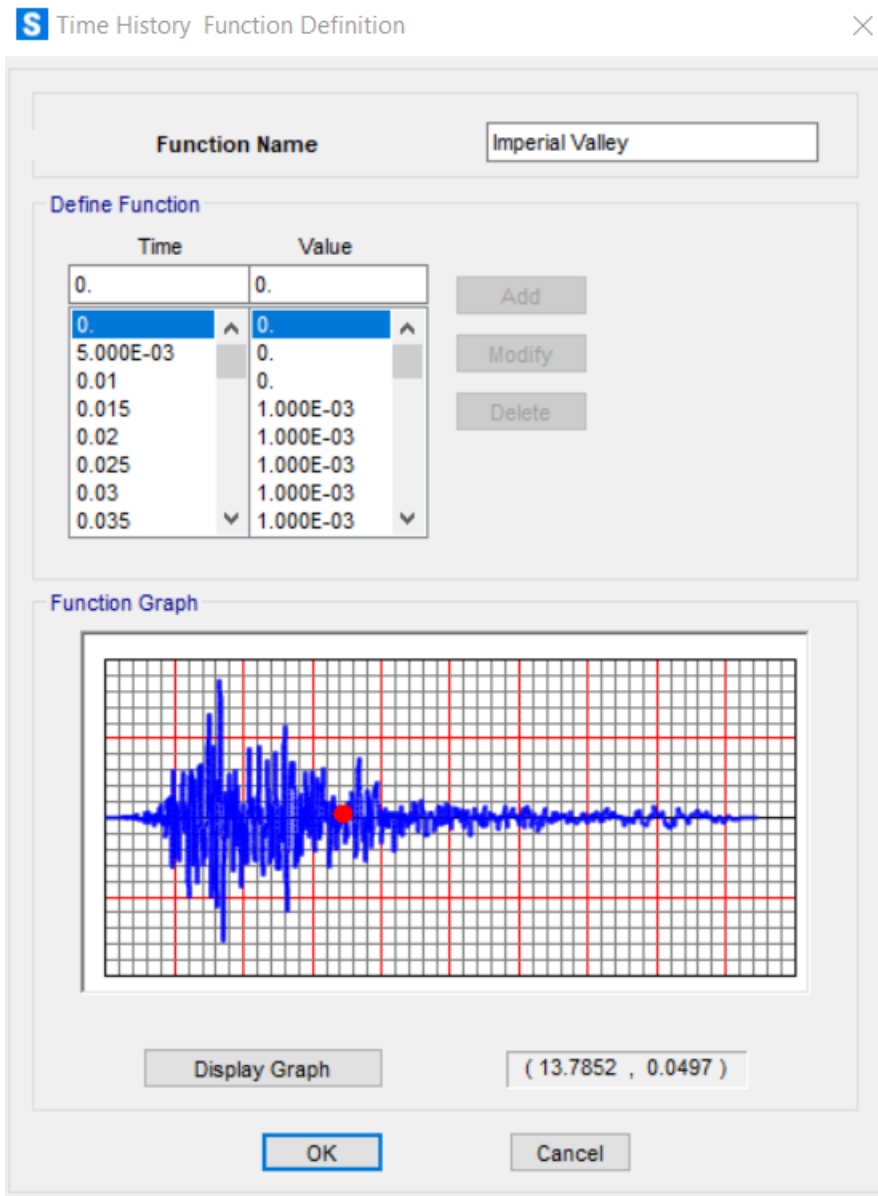


شکل ۶۷، نمودار تغییر مکان – زمان زلزله



شکل ۶۸، استخراج طیف زلزله

در شکل (۶۹) نیز اعمال رکورد زلزله به نرم افزار نشان داده شده است:



شکل ۶۹، اعمال رکورد زلزله به نرم افزار

برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی لازم است یک بار تاریخچه زمانی نیز تعریف گردد که در شکل (۷۰) تعریف این بار نشان داده شده است.



S Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name
Imperial Valley Set Def Name Modify/Show...

Initial Conditions
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case NL-Combo-NL
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case
Use Modes from Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Imperial Valle	9.81
Accel	U1	Imperial Valley	9.81

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data
Number of Output Time Steps: 7600
Output Time Step Size: 5.000E-03

Other Parameters
Damping: Proportional Modify/Show...
Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor Modify/Show...
Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Load Case Type
Time History Design...

Analysis Type
☐ Linear
☒ Nonlinear

Solution Type
☐ Modal
☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters
☐ None
☒ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type
☒ Transient ☐ Consider Collapse
☐ Periodic

Mass Source
W

OK Cancel

شکل ۷۰، تعریف بار تاریخیچه زمانی زلزله انتخابی

✓ از روش انتگرال گیری مستقیم برای انجام تحلیل تاریخیچه زمانی استفاده شده است (Direct Integration).

✓ در قسمت Scale Factor عدد ۹/۸۱ انتخاب شده است؛ به این دلیل که شتاب نگاشت برداشته شده از سایت PEER مقادیر شتاب را برحسب g گزارش می کند بایستی به g ضرب شوند که بدین منظور به ۹/۸۱ ضرب شده اند.

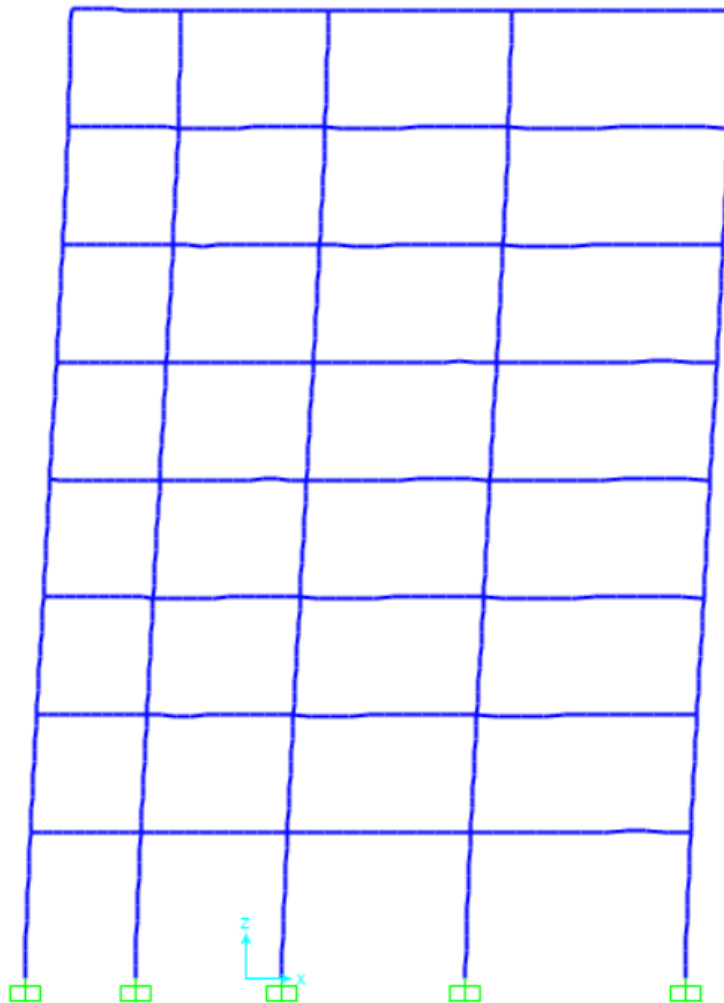
✓ تعداد گام های زلزله از تقسیم زمان کل زلزله به گام زمانی زلزله بدست می آید که زلزله انتخابی دارای زمان ۳۷/۸۴ ثانیه بوده و گام زمانی آن نیز ۰/۰۰۵ می باشد و از تقسیم زمان کل بر گام زمانی تعداد گام تحلیل برابر ۷۵۶۸ بدست می آید که عددی بزرگتر از آن و بصورت رند برابر ۷۶۰۰ در نظر گرفته شده است.



نتایج

- شکل مودهای ارتعاشی

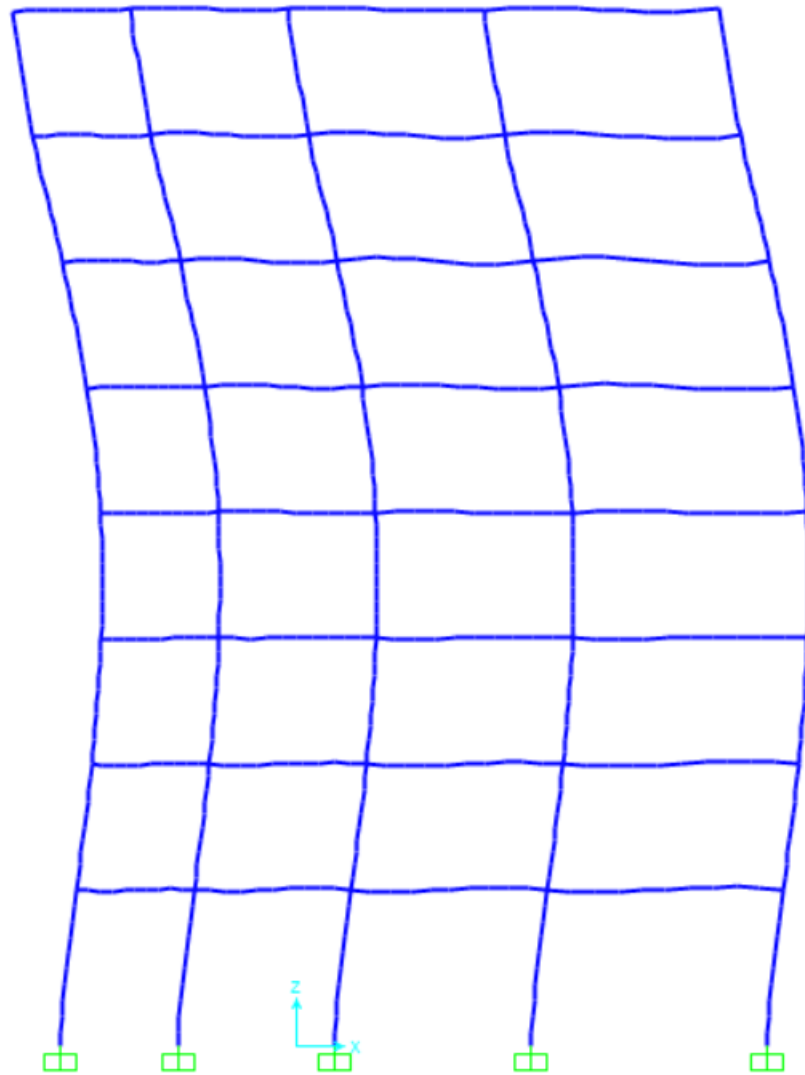
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 1.56667; f = 0.6383



شکل ۷۱، مود اول ارتعاشی



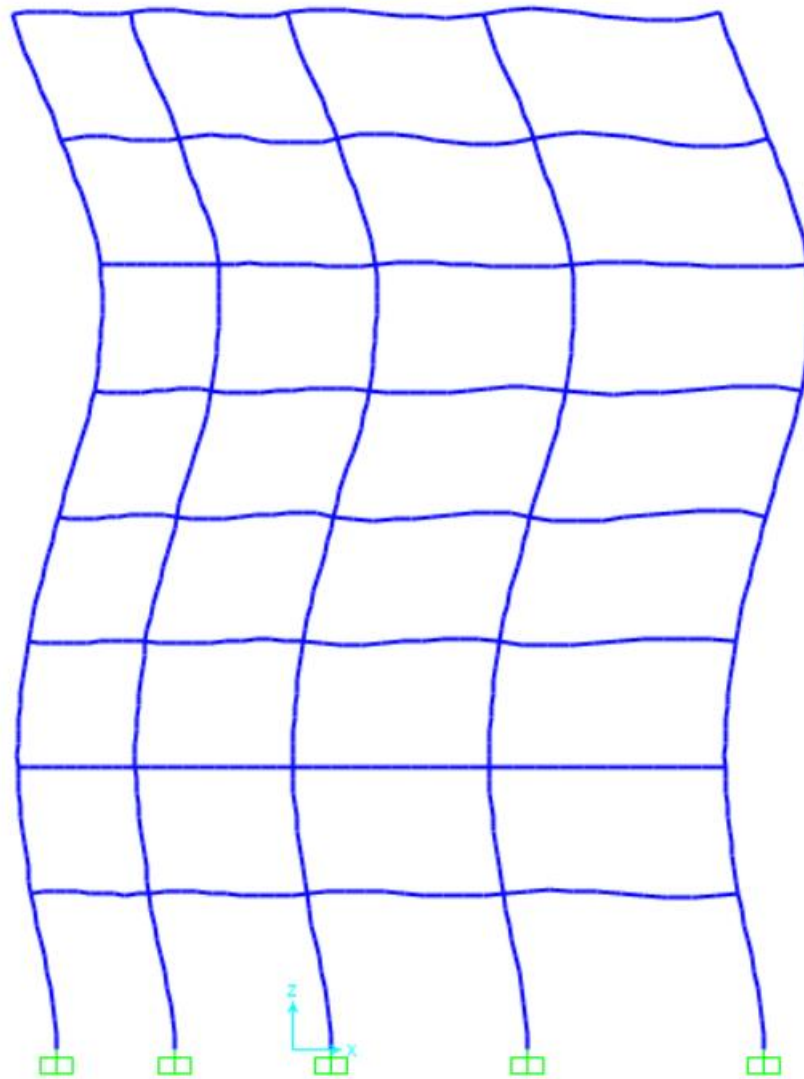
Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0.56258; f = 1.77752



شکل ۷۲، مود دوم ارتعاشی



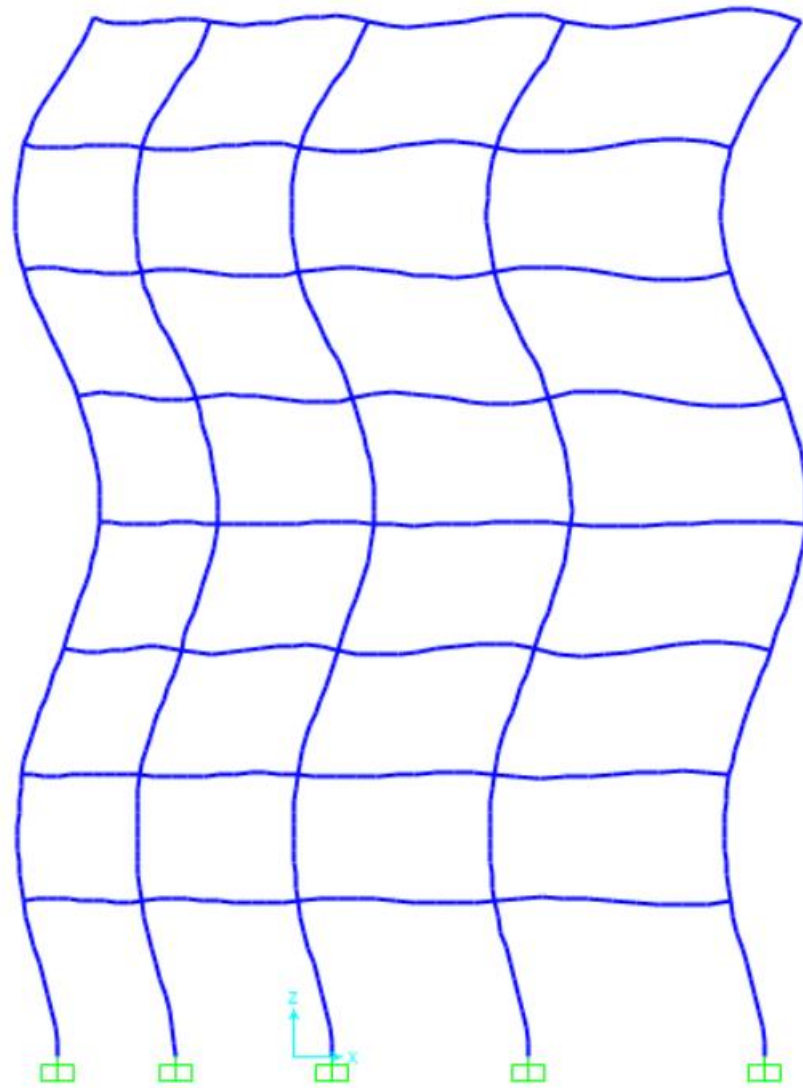
Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.30746; f = 3.25246



شکل ۷۳، مود سوم ارتعاشی



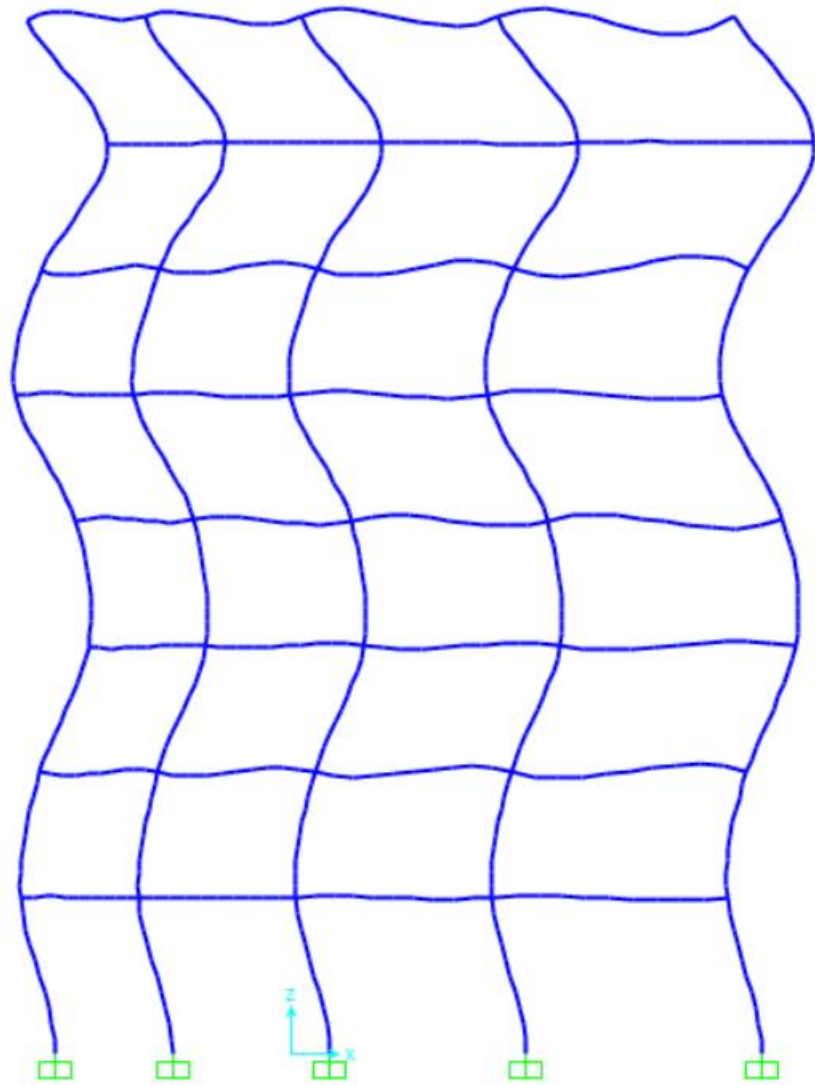
Deformed Shape (MODAL) - Mode 4; T = 0.20403; f = 4.90118



شکل ۷۴، مود چهارم ارتعاشی



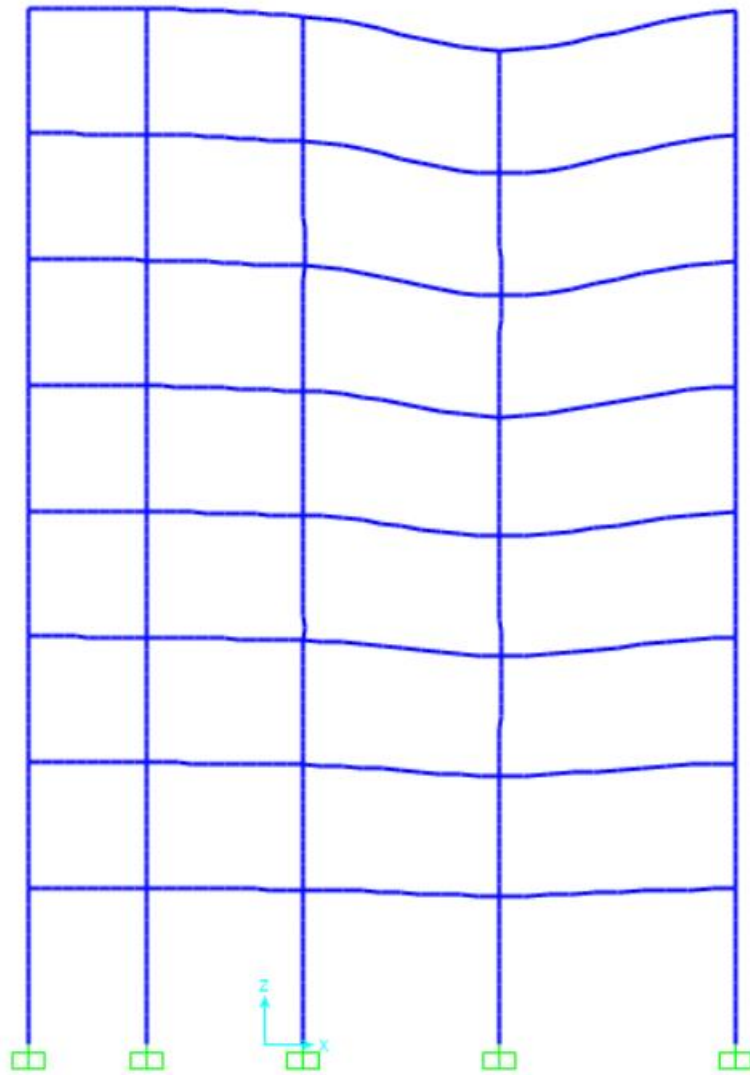
Deformed Shape (MODAL) - Mode 5; T = 0.14644; f = 6.82882



شکل ۷۵، مود پنجم ارتعاشی



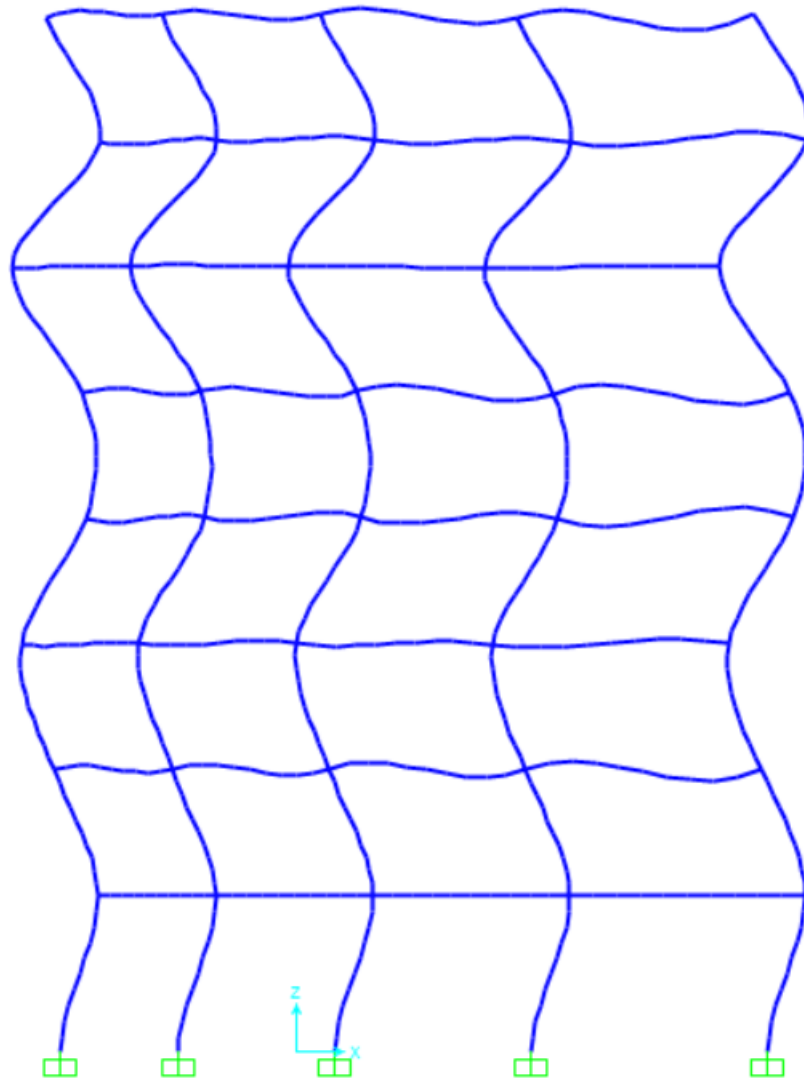
Deformed Shape (MODAL) - Mode 6; T = 0.11576; f = 8.63869



شکل ۷۶، مود ششم ارتعاشی



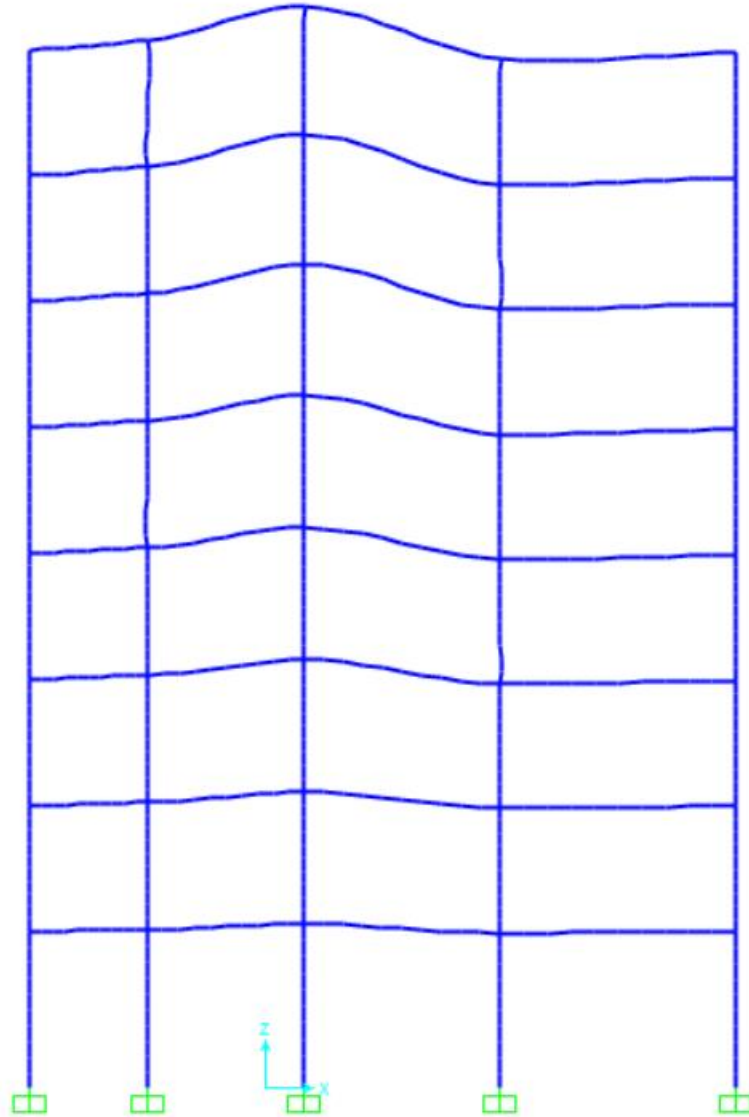
Deformed Shape (MODAL) - Mode 7; $T = 0.11143$; $f = 8.97426$



شکل ۷۷، مود هفتم ارتعاشی



Deformed Shape (MODAL) - Mode 8; T = 0.10302; f = 9.70708



شکل ۷۸، مود هشتم ارتعاشی



- پریود مودها

جدول ۲، پریود مودها

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.566476	0.781	0	0.000005649	0.781	0	0.000005649
MODAL	Mode	2	0.562582	0.131	0	0.00001617	0.912	0	0.00002182
MODAL	Mode	3	0.30746	0.041	0	0.000002156	0.954	0	0.00002397
MODAL	Mode	4	0.204032	0.023	0	0.00004317	0.977	0	0.00006714
MODAL	Mode	5	0.146438	0.00995	0	0.00003616	0.987	0	0.0001033
MODAL	Mode	6	0.115758	0.000003182	0	0.34	0.987	0	0.34
MODAL	Mode	7	0.11143	0.006498	0	5.268E-08	0.993	0	0.34
MODAL	Mode	8	0.103018	0.00000134	0	0.192	0.993	0	0.532

- فرکانس و فرکانس زاویه‌ای مودها

جدول ۳، فرکانس و فرکانس زاویه‌ای مودها

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.566476	0.638375555	4.011031908	16.08837697
MODAL	Mode	2	0.562582	1.777519549	11.16848471	124.7350508
MODAL	Mode	3	0.30746	3.252457393	20.4357925	417.6216152
MODAL	Mode	4	0.204032	4.901182359	30.79503698	948.3343028
MODAL	Mode	5	0.146438	6.828818656	42.90673304	1840.98774
MODAL	Mode	6	0.115758	8.638686264	54.27846661	2946.151937
MODAL	Mode	7	0.11143	8.974261204	56.38694614	3179.487695
MODAL	Mode	8	0.103018	9.70708151	60.99139192	3719.949888



- ضرایب مشارکت مودی

جدول ۴، ضرایب مشارکت مودی

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless
MODAL	Mode	1	1.566476	0.781
MODAL	Mode	2	0.562582	0.131
MODAL	Mode	3	0.30746	0.041
MODAL	Mode	4	0.204032	0.023
MODAL	Mode	5	0.146438	0.00995
MODAL	Mode	6	0.115758	0.000003182
MODAL	Mode	7	0.11143	0.006498
MODAL	Mode	8	0.103018	0.00000134

- استخراج ماتریس جرم و سختی

جدول ۵، ماتریس جرم سازه

Note: Row equation number, Column equation number, Mass value. (See .TXA file)		
1	1	1316.45360415914
2	2	0.0000000000000000E+000
3	3	1316.45360415914
4	4	0.0000000000000000E+000
5	5	1882.39609084259
6	6	1882.39609084259
7	7	750.511117475702
8	8	750.511117475702



9	9	0.0000000000000000E+000
10	10	1409.50270669944
11	11	0.0000000000000000E+000
12	12	1409.50270669944
13	13	843.560220015997
14	14	843.560220015997
15	15	0.0000000000000000E+000
16	16	2279.06568961711
17	17	2279.06568961711
18	18	0.0000000000000000E+000
19	19	0.0000000000000000E+000
20	20	1975.44519338289
21	21	1975.44519338289
22	22	1524.47570737252
23	23	1524.47570737252
24	24	0.0000000000000000E+000
25	25	1357.24225184804
26	26	1357.24225184804
27	27	0.0000000000000000E+000
28	28	791.299765164597
29	29	791.299765164597
30	30	0.0000000000000000E+000



31	31	1335.82821181137
32	32	0.0000000000000000E+000
33	33	1335.82821181137
34	34	769.885725127928
35	35	769.885725127928
36	36	0.0000000000000000E+000
37	37	0.0000000000000000E+000
38	38	2300.47972965378
39	39	2300.47972965378
40	40	1545.88974740919
41	41	1545.88974740919
42	42	0.0000000000000000E+000
43	43	2352.74018450518
44	44	0.0000000000000000E+000
45	45	2352.74018450518
46	46	1598.15020226059
47	47	1598.15020226059
48	48	0.0000000000000000E+000
49	49	1923.18473853149
50	50	1923.18473853149
51	51	0.0000000000000000E+000
52	52	1901.77069849482



53	53	0.0000000000000000E+000
54	54	1901.77069849482
55	55	2180.72680932966
56	56	0.0000000000000000E+000
57	57	2180.72680932966
58	58	0.0000000000000000E+000
59	59	1447.80579616979
60	60	1447.80579616979
61	61	1247.24036761205
62	62	1247.24036761205
63	63	0.0000000000000000E+000
64	64	0.0000000000000000E+000
65	65	1164.64335604203
66	66	1164.64335604203
67	67	0.0000000000000000E+000
68	68	697.549607742151
69	69	697.549607742151
70	70	614.952596172133
71	71	614.952596172133
72	72	0.0000000000000000E+000
73	73	0.0000000000000000E+000
74	74	1796.93112748195



75	75	1796.93112748195
76	76	1714.33411591193
77	77	1714.33411591193
78	78	0.000000000000000E+000
79	79	0.000000000000000E+000
80	80	1229.90519234426
81	81	1229.90519234426
82	82	0.000000000000000E+000
83	83	680.214432474368
84	84	680.214432474368
85	85	2146.05645879410
86	86	0.000000000000000E+000
87	87	2146.05645879410
88	88	1413.13544563423
89	89	1413.13544563423
90	90	0.000000000000000E+000
91	91	2080.79462249186
92	92	0.000000000000000E+000
93	93	2080.79462249186
94	94	0.000000000000000E+000
95	95	1430.47062090201
96	96	1430.47062090201



97	97	2163.39163406188
98	98	0.0000000000000000E+000
99	99	2163.39163406188
100	100	0.0000000000000000E+000
101	101	1347.87360933200
102	102	1347.87360933200
103	103	0.0000000000000000E+000
104	104	1779.59595221417
105	105	1779.59595221417
106	106	2259.69108196488
107	107	0.0000000000000000E+000
108	108	2259.69108196488
109	109	1505.10109972029
110	110	1505.10109972029
111	111	0.0000000000000000E+000
112	112	0.0000000000000000E+000
113	113	1264.57554287983
114	114	1264.57554287983
115	115	0.0000000000000000E+000
116	116	1814.26630274973
117	117	1814.26630274973
118	118	714.884783009932



119	119	714.884783009932
		E+000..... ۱۲۰ ۱۲۰

جدول ۶، ماتریس سختی سازه

Note: Row equation number, Column equation number, Stiffness value. (See .TXA file)		
1	1	84597992.8539280
2	1	-2074820.37643401
3	1	0.000000000000000E+000
31	1	-3785553.13259700
32	1	-6056885.01215520
33	1	0.000000000000000E+000
106	1	0.000000000000000E+000
107	1	0.000000000000000E+000
108	1	-78333333.3333333
112	1	3951075.80587122
113	1	0.000000000000000E+000
114	1	-2479106.38799763
2	2	23417184.6462083
3	2	644059.545817299
31	2	6056885.01215520
32	2	6786708.10984379
33	2	0.000000000000000E+000



106	2	-644059.545817299
107	2	1336164.14469827
108	2	0.0000000000000000E+000
112	2	4448939.24735785
113	2	0.0000000000000000E+000
114	2	-3982064.63572119
3	3	332519374.015273
31	3	0.0000000000000000E+000
32	3	0.0000000000000000E+000
33	3	-183593750.000000
106	3	-214686.515272433
107	3	644059.545817299
108	3	0.0000000000000000E+000
112	3	0.0000000000000000E+000
113	3	-148710937.500000
114	3	0.0000000000000000E+000
4	4	27960681.3639107
5	4	-2074820.37643401
6	4	583518.651893740
52	4	6056885.01215520
53	4	6786708.10984379
54	4	0.0000000000000000E+000



106	4	948727.206035865
107	4	1650326.78701949
108	4	0.000000000000000E+000
109	4	0.000000000000000E+000
110	4	-1532245.85792961
111	4	2150602.82697032
115	4	4448939.24735785
116	4	-3982064.63572119
117	4	0.000000000000000E+000
5	5	217764659.520595
6	5	0.000000000000000E+000
52	5	-3785553.13259700
53	5	-6056885.01215520
54	5	0.000000000000000E+000
106	5	0.000000000000000E+000
107	5	0.000000000000000E+000
108	5	-94000000.0000000
109	5	-117500000.000000
110	5	0.000000000000000E+000
111	5	0.000000000000000E+000
115	5	3951075.80587122
116	5	-2479106.38799763



117	5	0.0000000000000000E+000
6	6	333450301.311379
52	6	0.0000000000000000E+000
53	6	0.0000000000000000E+000
54	6	-183593750.000000
106	6	-379490.882414346
107	6	-948727.206035865
108	6	0.0000000000000000E+000
109	6	0.0000000000000000E+000
110	6	-766122.928964803
111	6	1532245.85792961
115	6	0.0000000000000000E+000
116	6	0.0000000000000000E+000
117	6	-148710937.500000
7	7	162931326.187261
8	7	0.0000000000000000E+000
9	7	-2074820.37643401
34	7	-3785553.13259700
35	7	0.0000000000000000E+000
36	7	-6056885.01215520
109	7	-15666666.666667
110	7	0.0000000000000000E+000



111	7	0.0000000000000000E+000
118	7	-2479106.38799763
119	7	0.0000000000000000E+000
120	7	3951075.80587122
8	8	334218379.413052
9	8	-2870537.86957812
34	8	0.0000000000000000E+000
35	8	-183593750.000000
36	8	0.0000000000000000E+000
109	8	0.0000000000000000E+000
110	8	-1913691.91305208
111	8	-2870537.86957812
118	8	0.0000000000000000E+000
119	8	-148710937.500000
120	8	0.0000000000000000E+000
9	9	26441010.4415821
34	9	6056885.01215520
35	9	0.0000000000000000E+000
36	9	6786708.10984379
109	9	0.0000000000000000E+000
110	9	2870537.86957812
111	9	3059594.68315505



118	9	-3982064.63572119
119	9	0.0000000000000000E+000
120	9	4448939.24735785
10	10	86298831.1213638
11	10	3639593.38653095
12	10	0.0000000000000000E+000
25	10	-5479435.51517919
26	10	0.0000000000000000E+000
27	10	8767096.82428670
43	10	-78333333.3333333
44	10	0.0000000000000000E+000
45	10	0.0000000000000000E+000
11	11	34648273.8486378
12	11	652490.705602094
25	11	-8767096.82428670
26	11	0.0000000000000000E+000
27	11	9775157.70840674
43	11	0.0000000000000000E+000
44	11	1358854.94067819
45	11	-652490.705602094
12	12	400084684.401867
25	12	0.0000000000000000E+000



26	12	-222148437.500000
27	12	0.0000000000000000E+000
43	12	0.0000000000000000E+000
44	12	652490.705602094
45	12	-217496.901867365
13	13	164632164.454697
14	13	0.0000000000000000E+000
15	13	3639593.38653095
28	13	-5479435.51517919
29	13	0.0000000000000000E+000
30	13	8767096.82428670
46	13	-156666666.666667
47	13	0.0000000000000000E+000
48	13	0.0000000000000000E+000
14	14	401832866.094522
15	14	-2948517.89178282
28	14	0.0000000000000000E+000
29	14	-222148437.500000
30	14	0.0000000000000000E+000
46	14	0.0000000000000000E+000
47	14	-1965678.59452188
48	14	-2948517.89178282



15	15	37772606.6533165
28	15	-8767096.82428670
29	15	0.0000000000000000E+000
30	15	9775157.70840674
46	15	0.0000000000000000E+000
47	15	2948517.89178282
48	15	3165131.57773539
16	16	179904439.598527
17	16	0.0000000000000000E+000
18	16	1.117587089538574E-008
31	16	-78333333.3333333
32	16	0.0000000000000000E+000
33	16	0.0000000000000000E+000
37	16	-6056885.01215519
38	16	0.0000000000000000E+000
39	16	-3785553.13259699
52	16	-94000000.0000000
53	16	0.0000000000000000E+000
54	16	0.0000000000000000E+000
106	16	0.0000000000000000E+000
107	16	6056885.01215520
108	16	-3785553.13259700



17	17	367781677.397687
18	17	304667.660218566
31	17	0.0000000000000000E+000
32	17	-644059.545817299
33	17	-214686.515272433
37	17	0.0000000000000000E+000
38	17	-183593750.000000
39	17	0.0000000000000000E+000
52	17	0.0000000000000000E+000
53	17	948727.206035865
54	17	-379490.882414346
106	17	-183593750.000000
107	17	0.0000000000000000E+000
108	17	0.0000000000000000E+000
18	18	30812150.2314710
31	18	0.0000000000000000E+000
32	18	1336164.14469827
33	18	644059.545817299
37	18	6786708.10984378
38	18	0.0000000000000000E+000
39	18	6056885.01215519
52	18	0.0000000000000000E+000



53	18	1650326.78701949
54	18	-948727.206035865
106	18	0.0000000000000000E+000
107	18	6786708.10984379
108	18	-6056885.01215520
19	19	39272765.4617570
20	19	599180.154961197
21	19	3639593.38653095
43	19	0.0000000000000000E+000
44	19	1684074.45957537
45	19	963753.240620273
46	19	0.0000000000000000E+000
47	19	-1562933.39558147
48	19	2205844.41979829
49	19	-8767096.82428670
50	19	0.0000000000000000E+000
51	19	9775157.70840674
20	20	401034155.494039
21	20	0.0000000000000000E+000
43	20	0.0000000000000000E+000
44	20	-963753.240620273
45	20	-385501.296248109



46	20	0.0000000000000000E+000
47	20	-781466.697790735
48	20	1562933.39558147
49	20	0.0000000000000000E+000
50	20	-222148437.500000
51	20	0.0000000000000000E+000
21	21	219465497.788030
43	21	-94000000.0000000
44	21	0.0000000000000000E+000
45	21	0.0000000000000000E+000
46	21	-117500000.000000
47	21	0.0000000000000000E+000
48	21	0.0000000000000000E+000
49	21	-5479435.51517919
50	21	0.0000000000000000E+000
51	21	8767096.82428670
22	22	281737772.931861
23	22	0.0000000000000000E+000
24	22	1.117587089538574E-008
34	22	-156666666.666667
35	22	0.0000000000000000E+000
36	22	0.0000000000000000E+000



40	22	-3785553.13259699
41	22	0.0000000000000000E+000
42	22	-6056885.01215519
52	22	-117500000.000000
53	22	0.0000000000000000E+000
54	22	0.0000000000000000E+000
109	22	-3785553.13259700
110	22	0.0000000000000000E+000
111	22	6056885.01215520
23	23	369867314.842017
24	23	1338292.01164851
34	23	0.0000000000000000E+000
35	23	-1913691.91305208
36	23	2870537.86957812
40	23	0.0000000000000000E+000
41	23	-183593750.000000
42	23	0.0000000000000000E+000
52	23	0.0000000000000000E+000
53	23	-1532245.85792961
54	23	-766122.928964803
109	23	0.0000000000000000E+000
110	23	-183593750.000000



111	23	0.0000000000000000E+000
24	24	34721047.3884331
34	24	0.0000000000000000E+000
35	24	-2870537.86957812
36	24	3059594.68315505
40	24	6056885.01215519
41	24	0.0000000000000000E+000
42	24	6786708.10984378
52	24	0.0000000000000000E+000
53	24	2150602.82697032
54	24	1532245.85792961
109	24	-6056885.01215520
110	24	0.0000000000000000E+000
111	24	6786708.10984379
25	25	87598321.9811095
26	25	0.0000000000000000E+000
27	25	-2710211.81213151
31	25	-3785553.13259699
32	25	6056885.01215519
33	25	0.0000000000000000E+000
37	25	0.0000000000000000E+000
38	25	0.0000000000000000E+000



39	25	-78333333.3333333
26	26	405959684.401867
27	26	652490.705602094
31	26	0.000000000000000E+000
32	26	0.000000000000000E+000
33	26	-183593750.000000
37	26	652490.705602094
38	26	-217496.901867365
39	26	0.000000000000000E+000
27	27	33430965.3512979
31	27	-6056885.01215519
32	27	6786708.10984378
33	27	0.000000000000000E+000
37	27	1358854.94067819
38	27	-652490.705602094
39	27	0.000000000000000E+000
28	28	165931655.314443
29	28	0.000000000000000E+000
30	28	-2710211.81213151
34	28	-3785553.13259699
35	28	0.000000000000000E+000
36	28	6056885.01215519



40	28	-156666666.666667
41	28	0.000000000000000E+000
42	28	0.000000000000000E+000
29	29	407707866.094522
30	29	-2948517.89178282
34	29	0.000000000000000E+000
35	29	-183593750.000000
36	29	0.000000000000000E+000
40	29	0.000000000000000E+000
41	29	-1965678.59452188
42	29	-2948517.89178282
30	30	36555298.1559766
34	30	-6056885.01215519
35	30	0.000000000000000E+000
36	30	6786708.10984378
40	30	0.000000000000000E+000
41	30	2948517.89178282
42	30	3165131.57773539
31	31	85904439.5985273
32	31	1.117587089538574E-008
33	31	0.000000000000000E+000
32	32	27718840.9883112



33	32	644059.545817299
33	33	367402186.515272
34	34	164237772.931861
35	34	0.000000000000000E+000
36	34	1.117587089538574E-008
35	35	369101191.913052
36	35	-2870537.86957812
36	36	30742666.7836850
37	37	36565657.0948239
38	37	311262.535018179
39	37	-2710211.81213151
43	37	8767096.82428670
44	37	9775157.70840674
45	37	0.000000000000000E+000
49	37	0.000000000000000E+000
50	37	-963753.240620273
51	37	1684074.45957537
38	38	406345185.698116
39	38	0.000000000000000E+000
43	38	0.000000000000000E+000
44	38	0.000000000000000E+000
45	38	-222148437.500000



49	38	0.0000000000000000E+000
50	38	-385501.296248109
51	38	963753.240620273
39	39	181598321.981109
43	39	-5479435.51517919
44	39	-8767096.82428670
45	39	0.0000000000000000E+000
49	39	-94000000.00000000
50	39	0.0000000000000000E+000
51	39	0.0000000000000000E+000
40	40	283431655.314443
41	40	0.0000000000000000E+000
42	40	-2710211.81213151
46	40	-5479435.51517919
47	40	0.0000000000000000E+000
48	40	-8767096.82428670
49	40	-117500000.00000000
50	40	0.0000000000000000E+000
51	40	0.0000000000000000E+000
41	41	408489332.792313
42	41	1385584.49620135
46	41	0.0000000000000000E+000



47	41	-222148437.500000
48	41	0.0000000000000000E+000
49	41	0.0000000000000000E+000
50	41	-781466.697790735
51	41	-1562933.39558147
42	42	40601187.3185042
46	42	8767096.82428670
47	42	0.0000000000000000E+000
48	42	9775157.70840674
49	42	0.0000000000000000E+000
50	42	1562933.39558147
51	42	2205844.41979829
43	43	180298831.121364
44	43	3639593.38653095
45	43	0.0000000000000000E+000
44	44	37782965.5921638
45	44	311262.535018179
45	45	400470185.698116
46	46	282132164.454697
47	46	0.0000000000000000E+000
48	46	3639593.38653095
47	47	402614332.792313



48	47	1385584.49620135
48	48	41818495.8158441
49	49	220764988.647776
50	49	0.0000000000000000E+000
51	49	-2710211.81213151
52	49	-3785553.13259699
53	49	6056885.01215519
54	49	0.0000000000000000E+000
50	50	406909155.494039
51	50	599180.154961197
52	50	0.0000000000000000E+000
53	50	0.0000000000000000E+000
54	50	-183593750.000000
51	51	38055456.9644171
52	51	-6056885.01215519
53	51	6786708.10984378
54	51	0.0000000000000000E+000
52	52	219071106.265194
53	52	1.117587089538574E-008
54	52	0.0000000000000000E+000
53	53	32262337.7060136
54	53	583518.651893740



54	54	368333113.811379
55	55	297796058.094847
56	55	190900.223716855
57	55	0.000000000000000E+000
97	55	-148710937.500000
98	55	0.000000000000000E+000
99	55	0.000000000000000E+000
106	55	-148710937.500000
107	55	0.000000000000000E+000
108	55	0.000000000000000E+000
112	55	-406122.280036834
113	55	-135374.093345612
114	55	0.000000000000000E+000
115	55	597022.503753690
116	55	0.000000000000000E+000
117	55	-238809.001501476
56	56	19900465.3807657
57	56	-32834.1436118269
97	56	0.000000000000000E+000
98	56	4379682.98314444
99	56	-3918241.66225939
106	56	0.000000000000000E+000



107	56	4448939.24735785
108	56	3951075.80587122
112	56	839829.908292322
113	56	406122.280036835
114	56	0.000000000000000E+000
115	56	1034744.57744705
116	56	0.000000000000000E+000
117	56	-597022.503753690
57	57	140640507.426910
97	57	0.000000000000000E+000
98	57	3918241.66225939
99	57	-2448901.03891212
106	57	0.000000000000000E+000
107	57	-3982064.63572119
108	57	-2479106.38799763
112	57	0.000000000000000E+000
113	57	0.000000000000000E+000
114	57	-61687500.0000000
115	57	0.000000000000000E+000
116	57	-74025000.0000000
117	57	0.000000000000000E+000
58	58	22333771.8483665



59	58	832344.039115665
60	58	-32834.1436118269
94	58	4379682.98314444
95	58	0.000000000000000E+000
96	58	-3918241.66225939
109	58	3951075.80587122
110	58	0.000000000000000E+000
111	58	4448939.24735785
115	58	1343890.71473753
116	58	0.000000000000000E+000
117	58	961488.507203204
118	58	0.000000000000000E+000
119	58	-1793832.54631887
120	58	1902982.77218101
59	59	299098507.617814
60	59	0.000000000000000E+000
94	59	0.000000000000000E+000
95	59	-148710937.500000
96	59	0.000000000000000E+000
109	59	0.000000000000000E+000
110	59	-148710937.500000
111	59	0.000000000000000E+000



115	59	-961488.507203204
116	59	0.0000000000000000E+000
117	59	-480744.253601602
118	59	0.0000000000000000E+000
119	59	-1195888.36421258
120	59	1793832.54631887
60	60	220834257.426910
94	60	3918241.66225939
95	60	0.0000000000000000E+000
96	60	-2448901.03891212
109	60	-2479106.38799763
110	60	0.0000000000000000E+000
111	60	-3982064.63572119
115	60	0.0000000000000000E+000
116	60	-92531250.00000000
117	60	0.0000000000000000E+000
118	60	-123375000.00000000
119	60	0.0000000000000000E+000
120	60	0.0000000000000000E+000
61	61	65679517.6464641
62	61	0.0000000000000000E+000
63	61	-1449255.09017616



79	61	2468986.57208322
80	61	-1543116.60755201
81	61	0.0000000000000000E+000
97	61	0.0000000000000000E+000
98	61	0.0000000000000000E+000
99	61	-61687500.00000000
112	61	-3918241.66225939
113	61	0.0000000000000000E+000
114	61	-2448901.03891212
62	62	266346311.593345
63	62	406122.280036834
79	62	0.0000000000000000E+000
80	62	0.0000000000000000E+000
81	62	-117500000.000000
97	62	-135374.093345612
98	62	406122.280036835
99	62	0.0000000000000000E+000
112	62	0.0000000000000000E+000
113	62	-148710937.500000
114	62	0.0000000000000000E+000
63	63	14885580.4664847
79	63	2770770.67219591



80	63	-2468986.57208322
81	63	0.0000000000000000E+000
97	63	-406122.280036834
98	63	839829.908292322
99	63	0.0000000000000000E+000
112	63	4379682.98314444
113	63	0.0000000000000000E+000
114	63	3918241.66225939
64	64	6709634.51036924
65	64	400914.281595577
66	64	-2468986.57208324
79	64	2770770.67219592
80	64	2468986.57208324
81	64	0.0000000000000000E+000
91	64	0.0000000000000000E+000
92	64	825837.537674662
93	64	-400914.281595577
65	65	117633638.093865
66	65	0.0000000000000000E+000
79	65	0.0000000000000000E+000
80	65	0.0000000000000000E+000
81	65	-117500000.000000



91	65	0.000000000000000E+000
92	65	400914.281595577
93	65	-133638.093865192
66	66	63230616.6075520
79	66	-2468986.57208324
80	66	-1543116.60755203
81	66	0.000000000000000E+000
91	66	-61687500.0000000
92	66	0.000000000000000E+000
93	66	0.000000000000000E+000
67	67	16767191.5613316
68	67	-1449255.09017616
69	67	-1793832.54631887
82	67	2770770.67219591
83	67	0.000000000000000E+000
84	67	-2468986.57208322
94	67	1902982.77218101
95	67	1793832.54631887
96	67	0.000000000000000E+000
118	67	3918241.66225939
119	67	0.000000000000000E+000
120	67	4379682.98314444



68	68	127367017.646464
69	68	0.000000000000000E+000
82	68	2468986.57208322
83	68	0.000000000000000E+000
84	68	-1543116.60755201
94	68	0.000000000000000E+000
95	68	0.000000000000000E+000
96	68	-123375000.000000
118	68	-2448901.03891212
119	68	0.000000000000000E+000
120	68	-3918241.66225939
69	69	267406825.864212
82	69	0.000000000000000E+000
83	69	-117500000.000000
84	69	0.000000000000000E+000
94	69	-1793832.54631887
95	69	-1195888.36421258
96	69	0.000000000000000E+000
118	69	0.000000000000000E+000
119	69	-148710937.500000
120	69	0.000000000000000E+000
70	70	124918116.607552



71	70	0.0000000000000000E+000
72	70	-2468986.57208324
82	70	-2468986.57208324
83	70	0.0000000000000000E+000
84	70	-1543116.60755203
100	70	0.0000000000000000E+000
101	70	-123375000.000000
102	70	0.0000000000000000E+000
71	71	118664675.447719
72	71	-1747013.17157750
82	71	0.0000000000000000E+000
83	71	-117500000.000000
84	71	0.0000000000000000E+000
100	71	-1747013.17157750
101	71	0.0000000000000000E+000
102	71	-1164675.44771833
72	72	8531238.53771168
82	72	2770770.67219592
83	72	0.0000000000000000E+000
84	72	2468986.57208324
100	72	1839787.33549125
101	72	0.0000000000000000E+000



102	72	1747013.17157750
73	73	17741107.9499527
74	73	-1449255.09017616
75	73	364466.003449514
94	73	1343890.71473753
95	73	-961488.507203204
96	73	0.0000000000000000E+000
97	73	597022.503753690
98	73	1034744.57744705
99	73	0.0000000000000000E+000
103	73	2770770.67219591
104	73	0.0000000000000000E+000
105	73	-2468986.57208322
115	73	4379682.98314444
116	73	3918241.66225939
117	73	0.0000000000000000E+000
74	74	170548267.646464
75	74	0.0000000000000000E+000
94	74	0.0000000000000000E+000
95	74	0.0000000000000000E+000
96	74	-92531250.0000000
97	74	0.0000000000000000E+000



98	74	0.0000000000000000E+000
99	74	-74025000.0000000
103	74	2468986.57208322
104	74	0.0000000000000000E+000
105	74	-1543116.60755201
115	74	-3918241.66225939
116	74	-2448901.03891212
117	74	0.0000000000000000E+000
75	75	266930490.755103
94	75	961488.507203204
95	75	-480744.253601602
96	75	0.0000000000000000E+000
97	75	-238809.001501476
98	75	-597022.503753690
99	75	0.0000000000000000E+000
103	75	0.0000000000000000E+000
104	75	-117500000.000000
105	75	0.0000000000000000E+000
115	75	0.0000000000000000E+000
116	75	0.0000000000000000E+000
117	75	-148710937.500000
76	76	118206524.155057



77	76	0.0000000000000000E+000
78	76	355014.222823333
91	76	0.0000000000000000E+000
92	76	-587796.715161190
93	76	-235118.686064476
100	76	942810.937984523
101	76	0.0000000000000000E+000
102	76	-471405.468992262
103	76	0.0000000000000000E+000
104	76	-117500000.000000
105	76	0.0000000000000000E+000
77	77	168099366.607552
78	77	-2468986.57208324
91	77	-74025000.0000000
92	77	0.0000000000000000E+000
93	77	0.0000000000000000E+000
100	77	0.0000000000000000E+000
101	77	-92531250.0000000
102	77	0.0000000000000000E+000
103	77	-2468986.57208324
104	77	0.0000000000000000E+000
105	77	-1543116.60755203



78	78	9515803.78981779
91	78	0.0000000000000000E+000
92	78	1014064.54180923
93	78	587796.715161190
100	78	1310345.35458747
101	78	0.0000000000000000E+000
102	78	-942810.937984523
103	78	2770770.67219592
104	78	0.0000000000000000E+000
105	78	2468986.57208324
79	79	11839620.8688396
80	79	1.676380634307861E-008
81	79	400914.281595577
85	79	0.0000000000000000E+000
86	79	825837.537674662
87	79	-400914.281595577
80	80	64773733.2151040
81	80	0.0000000000000000E+000
85	80	-61687500.0000000
86	80	0.0000000000000000E+000
87	80	0.0000000000000000E+000
81	81	235133638.093865



85	81	0.0000000000000000E+000
86	81	400914.281595577
87	81	-133638.093865192
82	82	13661224.8961821
83	82	-1747013.17157750
84	82	1.676380634307861E-008
88	82	1747013.17157750
89	82	0.0000000000000000E+000
90	82	1839787.33549125
83	83	236164675.447718
84	83	0.0000000000000000E+000
88	83	-1164675.44771833
89	83	0.0000000000000000E+000
90	83	-1747013.17157750
84	84	126461233.215104
88	84	0.0000000000000000E+000
89	84	-123375000.000000
90	84	0.0000000000000000E+000
85	85	138798733.215104
86	85	1.676380634307861E-008
87	85	0.0000000000000000E+000
91	85	-1543116.60755203



92	85	2468986.57208324
93	85	0.0000000000000000E+000
97	85	0.0000000000000000E+000
98	85	-2468986.57208322
99	85	-1543116.60755201
103	85	0.0000000000000000E+000
104	85	0.0000000000000000E+000
105	85	-74025000.00000000
86	86	13764539.9028364
87	86	186882.433565613
91	86	-2468986.57208324
92	86	2770770.67219592
93	86	0.0000000000000000E+000
97	86	0.0000000000000000E+000
98	86	2770770.67219591
99	86	2468986.57208322
103	86	1014064.54180923
104	86	-587796.715161190
105	86	0.0000000000000000E+000
87	87	235368756.779930
91	87	0.0000000000000000E+000
92	87	0.0000000000000000E+000



93	87	-117500000.000000
97	87	-117500000.000000
98	87	0.0000000000000000E+000
99	87	0.0000000000000000E+000
103	87	587796.715161190
104	87	-235118.686064476
105	87	0.0000000000000000E+000
88	88	236636080.916711
89	88	0.0000000000000000E+000
90	88	804202.233592974
94	88	0.0000000000000000E+000
95	88	-117500000.000000
96	88	0.0000000000000000E+000
100	88	0.0000000000000000E+000
101	88	0.0000000000000000E+000
102	88	-117500000.000000
103	88	-942810.937984523
104	88	-471405.468992262
105	88	0.0000000000000000E+000
89	89	218992483.215104
90	89	1.676380634307861E-008
94	89	-2468986.57208322



95	89	0.0000000000000000E+000
96	89	-1543116.60755201
100	89	2468986.57208324
101	89	-1543116.60755203
102	89	0.0000000000000000E+000
103	89	0.0000000000000000E+000
104	89	0.0000000000000000E+000
105	89	-92531250.00000000
90	90	16122123.2935327
94	90	2770770.67219591
95	90	0.0000000000000000E+000
96	90	2468986.57208322
100	90	2770770.67219592
101	90	-2468986.57208324
102	90	0.0000000000000000E+000
103	90	1310345.35458747
104	90	942810.937984523
105	90	0.0000000000000000E+000
91	91	137255616.607552
92	91	-2468986.57208324
93	91	0.0000000000000000E+000
92	92	8634553.54436596



93	92	186882.433565613
93	93	117868756.779930
94	94	19269254.8754069
95	94	832344.039115665
96	94	-1449255.09017616
95	95	267887570.117814
96	95	0.0000000000000000E+000
96	96	219898267.646464
97	97	266585120.594847
98	97	190900.223716855
99	97	0.0000000000000000E+000
98	98	16835948.4078061
99	98	-1449255.09017616
99	99	139704517.646464
100	100	10992136.9350623
101	100	-2468986.57208324
102	100	804202.233592974
101	101	217449366.607552
102	101	0.0000000000000000E+000
102	102	119136080.916711
103	103	14645790.1482882
104	103	355014.222823333



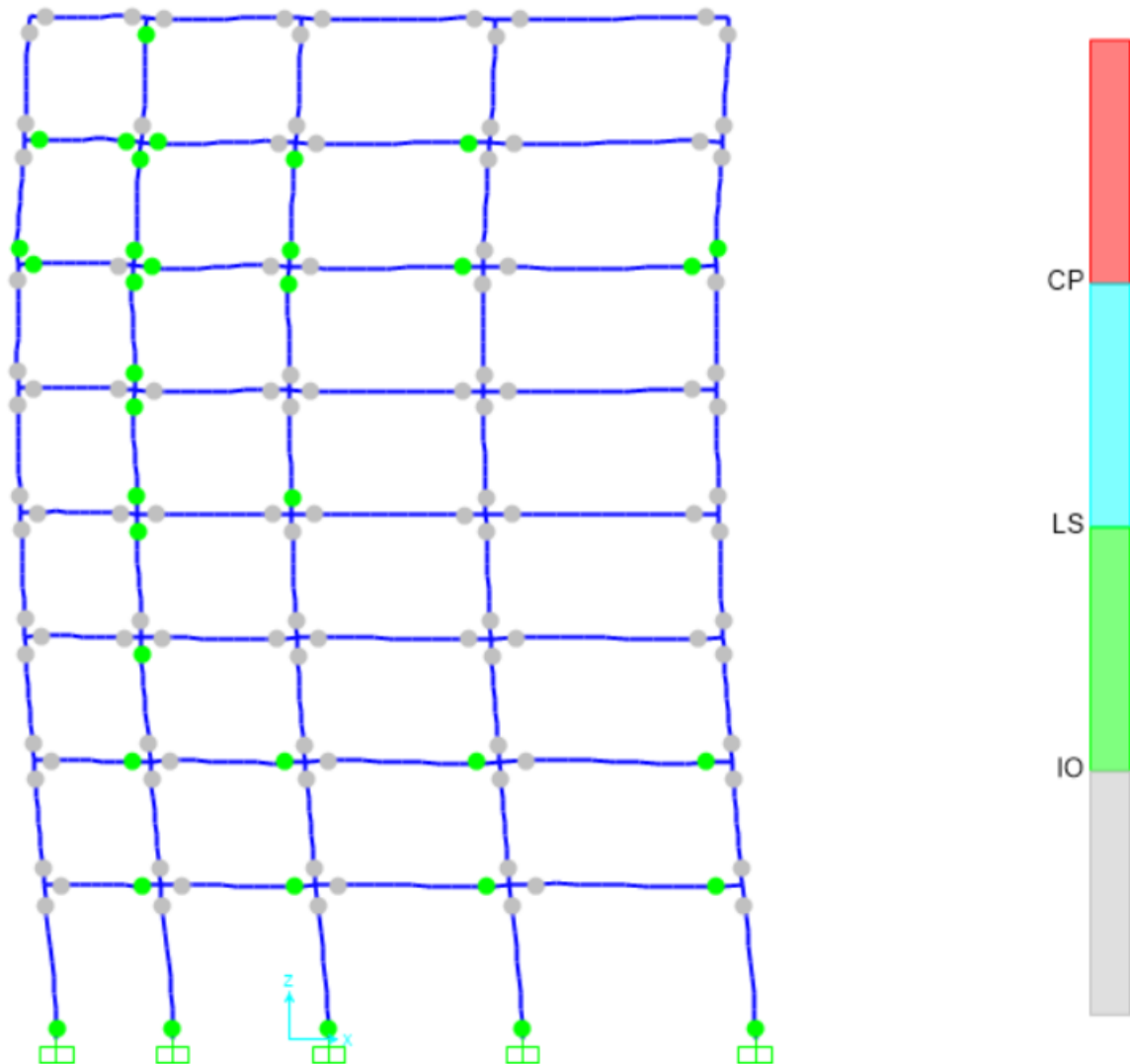
105	103	1.676380634307861E-008
104	104	235706524.155057
105	104	0.0000000000000000E+000
105	105	169642483.215104
106	106	332898864.897687
107	106	304667.660218566
108	106	0.0000000000000000E+000
107	107	26510493.8893681
108	107	-2074820.37643401
108	108	178597992.853928
109	109	280431326.187261
110	109	0.0000000000000000E+000
111	109	-2074820.37643401
110	110	334984502.342017
111	110	1338292.01164851
111	111	30419391.0463302
112	112	17950097.4394443
113	112	406122.280036834
114	112	-32834.1436118269
113	113	297557249.093346
114	113	0.0000000000000000E+000
114	114	66615507.4269097



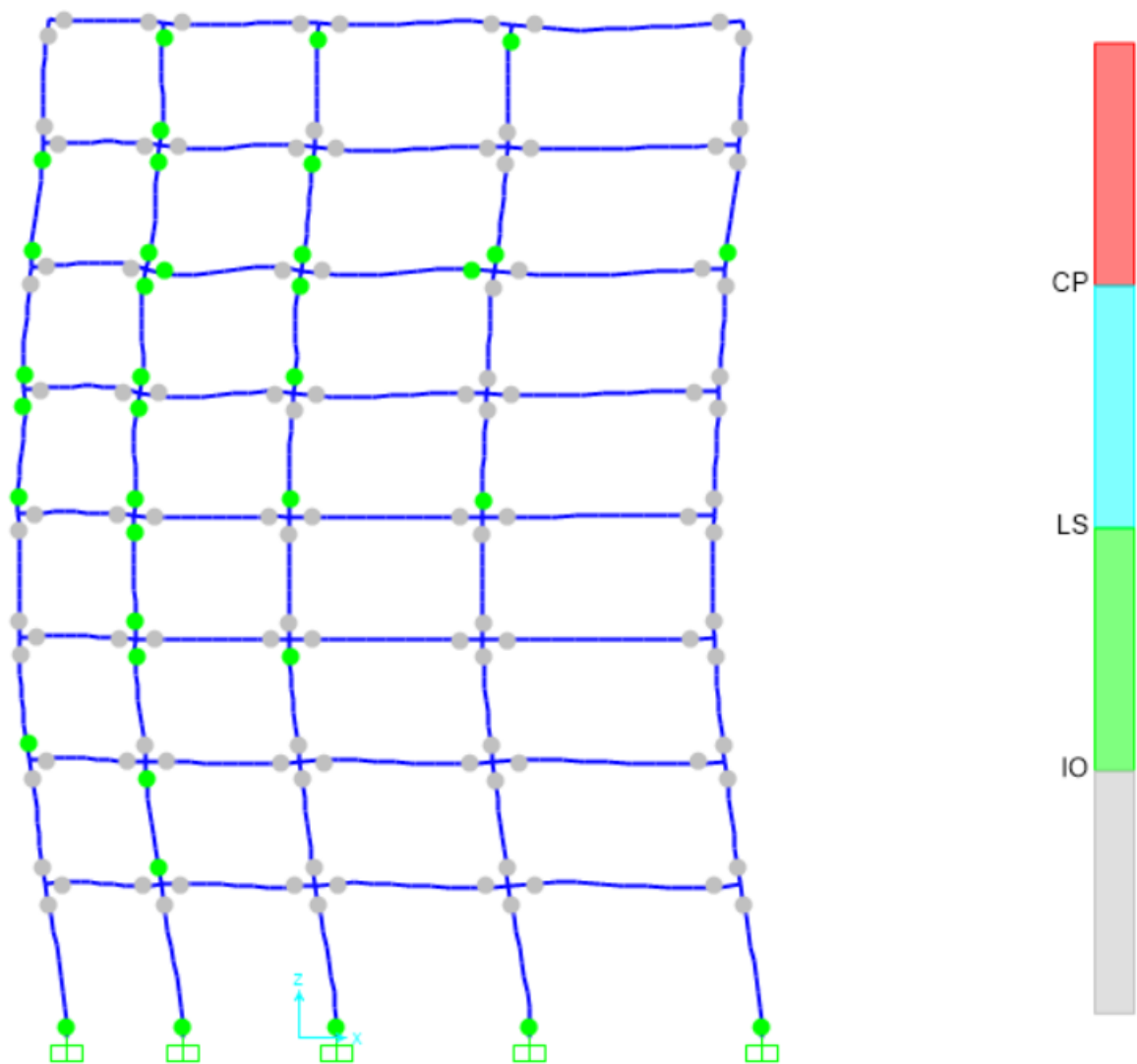
115	115	20805624.9229123
116	115	-32834.1436118269
117	115	364466.003449514
116	116	171484257.426910
117	116	0.0000000000000000E+000
117	117	298141428.255103
118	118	128303007.426910
119	118	0.0000000000000000E+000
120	118	-32834.1436118269
119	119	298617763.364213
120	119	-1793832.54631887
۱۲۰	۱۲۰	۱۹۸۳۱۷۰۸.۵۳۴۲۹۱۲



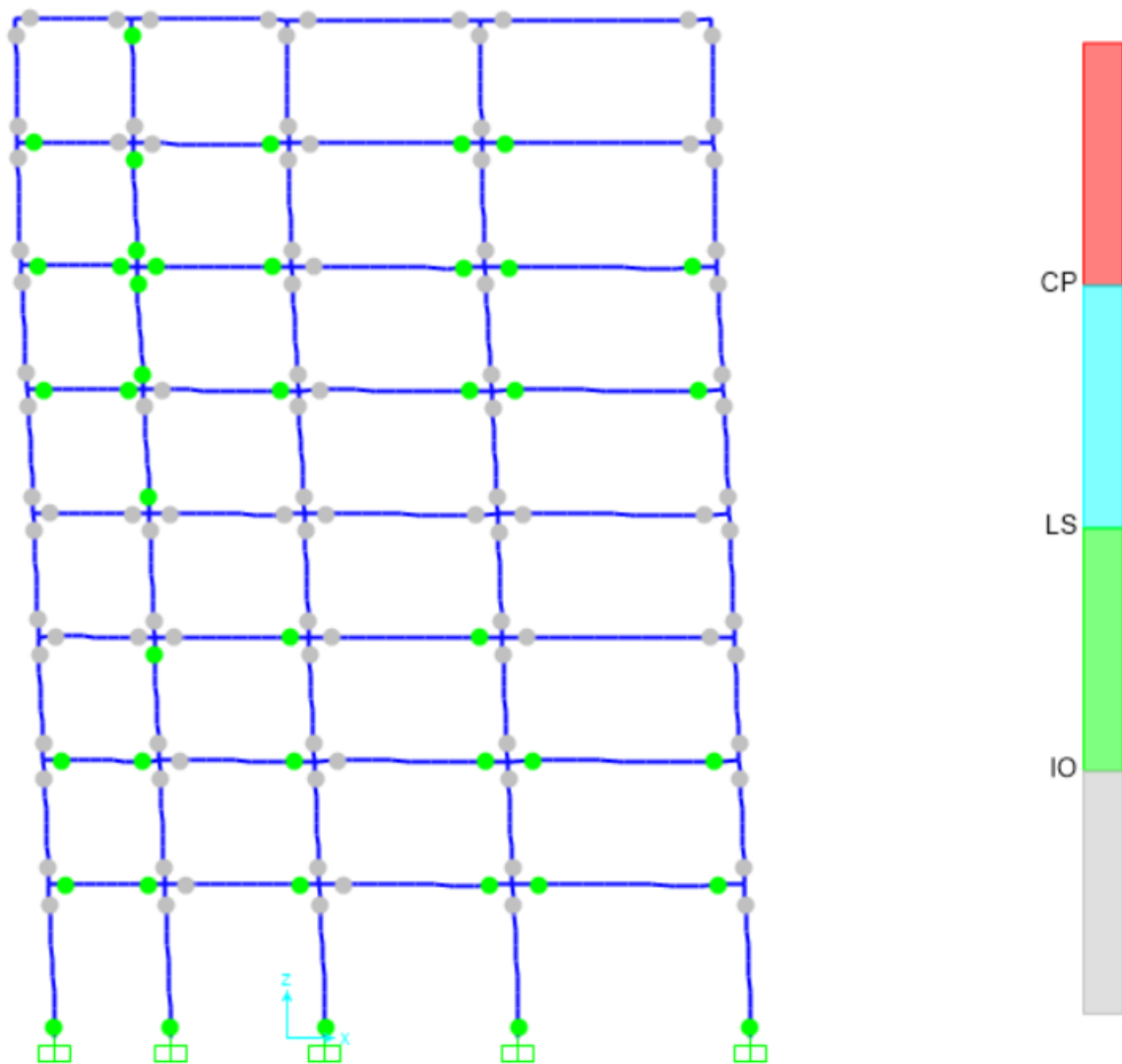
- مفاصل پلاستیک تشکیل شده



شکل ۷۹، مفاصل پلاستیک تشکیل شده در گام آخر زلزله (سازه با شکل پذیری متوسط)



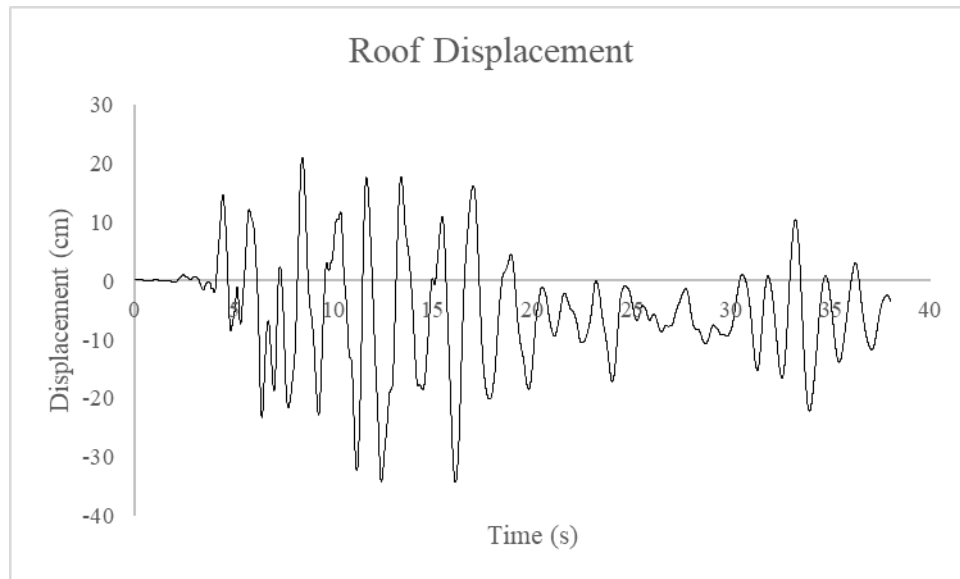
شکل ۸۰، مفاصل پلاستیک تشکیل شده در گام آخر زلزله (سازه با شکل پذیری معمولی)



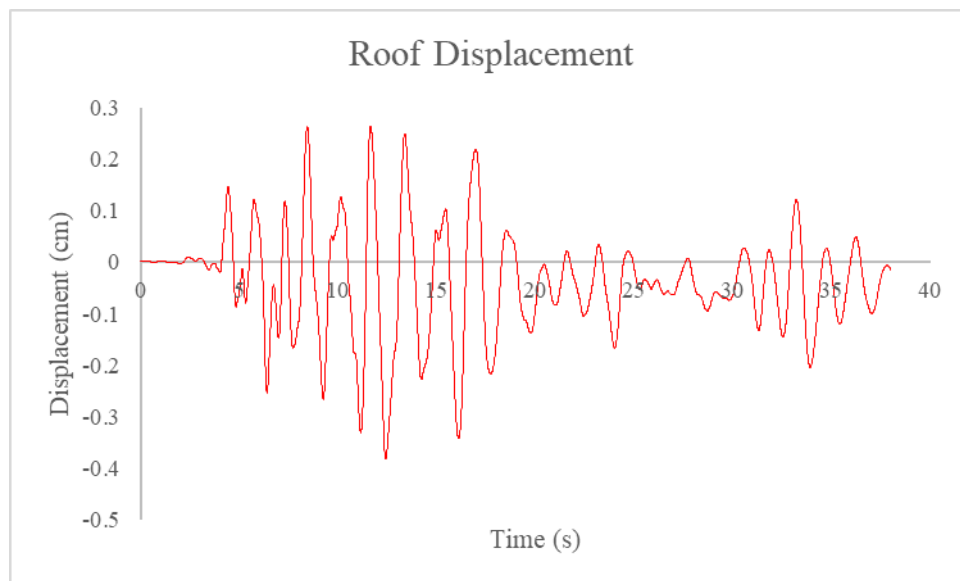
شکل ۸۱، مفاصل پلاستیک تشکیل شده در گام آخر زلزله (سازه با شکل پذیری ویژه)



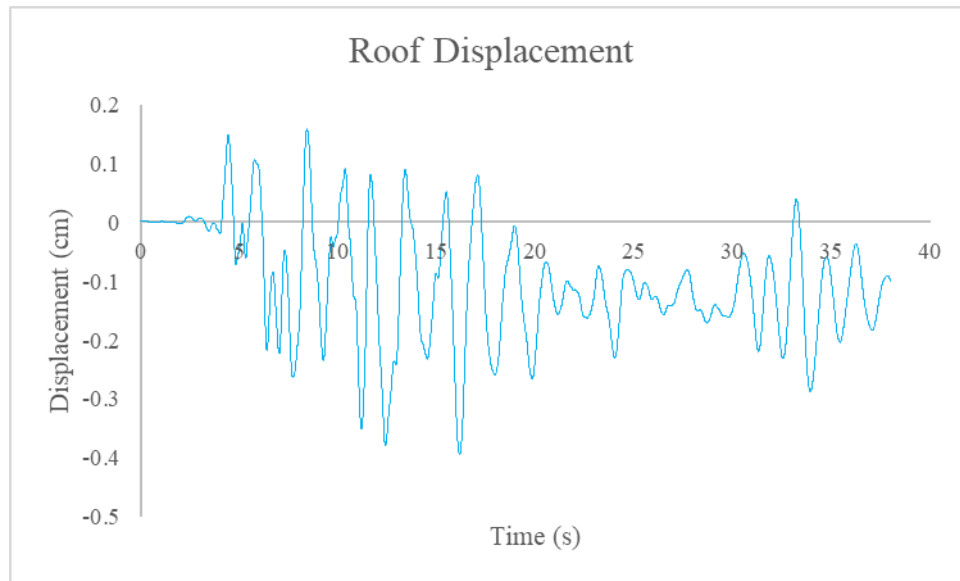
- جابجایی بام



شکل ۸۲، تاریخچه جابجایی بام (سازه با شکل پذیری متوسط)

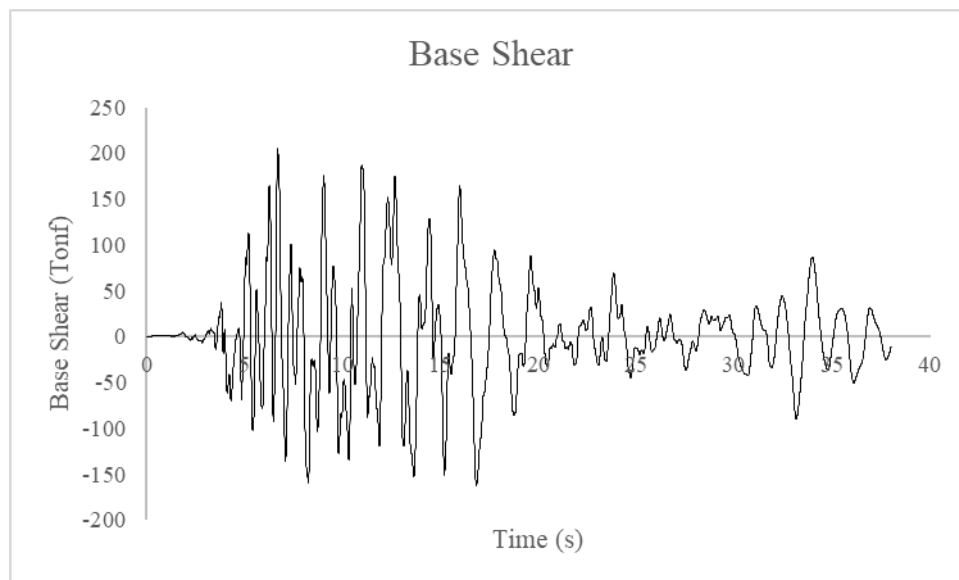


شکل ۸۳، تاریخچه جابجایی بام (سازه با شکل پذیری معمولی)

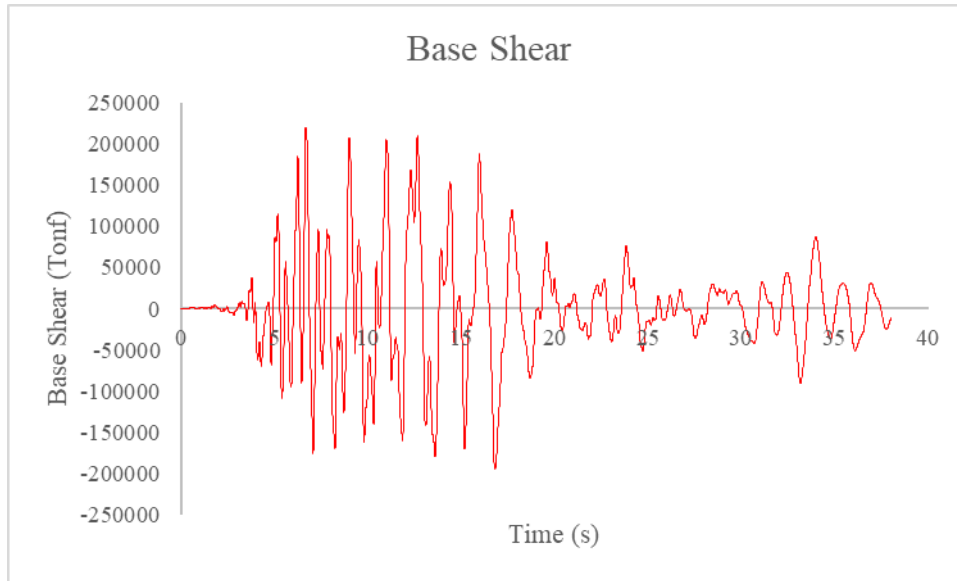


شکل ۸۴، تاریخچه جابجایی بام (سازه با شکل پذیری ویژه)

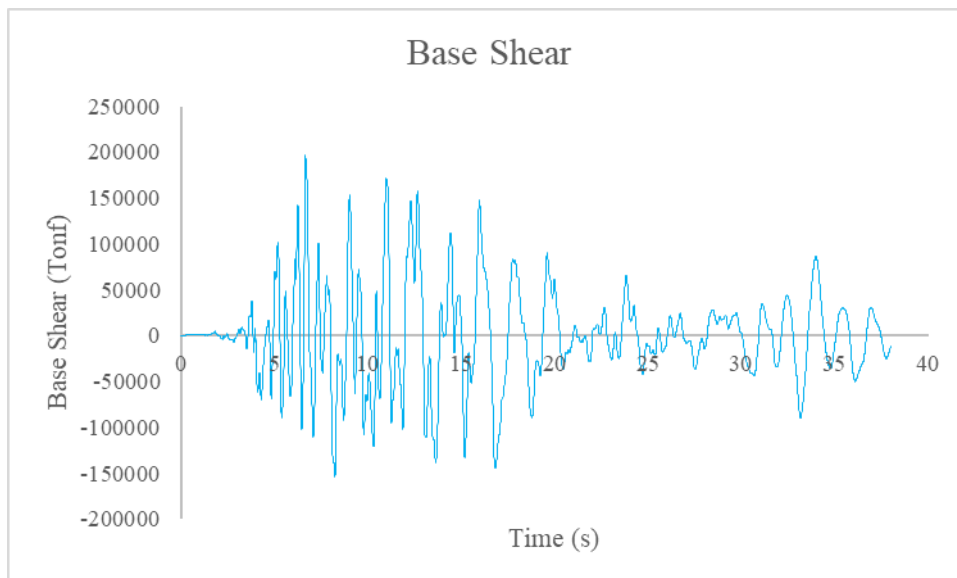
- برش پایه



شکل ۸۵، تاریخچه برش پایه (سازه با شکل پذیری متوسط)



شکل ۸۶، تاریخچه برش پایه (سازه با شکل پذیری معمولی)



شکل ۸۷، تاریخچه برش پایه (سازه با شکل پذیری ویژه)